	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 3
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

## Abstrakt

Tato práce se zabývá návrhem a konstrukcí montážní stanice závitových vložek do automobilových klik. Obsahuje rešerši možných technických řešení operací s kusem, manipulací a dostupných technologií lisování závitových vložek. V návrhové části obsahuje rozbor konstrukce a výběr technologií. V konstrukční části obsahuje popis konstrukce stroje a sepsání analýzy rizik pro tento stroj. Dále obsahuje výpočtovou část, výkresy hlavních sestav a model stroje vytvořený v programu Autodesk Inventor.

## Klíčová slova

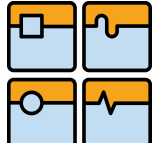
Montážní stanice, automobilová klika, lisování závitové vložky, analýza rizik, konstrukce

## Abstract

The subject of this thesis is design of stand for assembly of screw-inserts into car door handles. It contains of search of possible technical solutions of part handling and available technologies of screw-insert instalation. In design part of thesis contains of analysis of construction and choice of technologies. In construction part of my thesis u can find description construction of stand and risk analysis of this machine. Moreover there are calculations, drawings of main assemblies of machine and model of stand modeled in Autodesk Inventor.

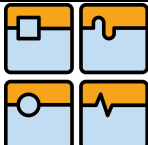
## Keywords

Assembly station, car handle, instalation of screw-insert, risk analysis, construction

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 4
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

## Bibliografická citace mé práce:

KULČAR, V. *Konstrukce stanice pro montáž závitových vložek do automobilových klik*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 63 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D..

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 5
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

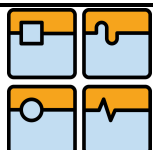
## Čestné prohlášení

Tímto prohlašuji, že jsem bakalářskou práci *Konstrukce stanice pro montáž závitových vložek do automobilových klik* vypracoval samostatně pod vedením a s pomocí doc. Ing. Petr Blechy, Ph.D. a v seznamu literatury jsem uvedl všechny použité zdroje

V Brně dne .....

.....

Vlastnoruční podpis autora

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 6
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

## Poděkování

Touto cestou bych chtěl poděkovat doc. Ing. Petru Blechovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky, kterými přispěl k tvorbě této práce, svému zaměstnavateli firmě GEMAX s.r.o. za umožnění vzniku této práce a své rodině za podporu.

<b>1. Úvod</b>	9
1.1. Zadání zákazníka	9
1.1.1. Požadavky zákazníka na konstrukci stroje	10
1.1.2. Pracovní cyklus stroje	11
<b>2. Přehled možností technologií a vybavení</b>	12
2.1. Snímače	12
2.2. Pohybové součásti	15
2.3. Bezpečnostní prvky	17
2.3.1. Pasivní bezpečnost	17
2.3.2. Aktivní bezpečnost	18
2.4. Druhy montáže závitových vložek	19
2.4.1. Montáž do závitu	19
2.4.2. Montáž samořezné závitové vložky	20
2.4.3. Montáž expanzní závitové vložky	20
2.4.4. Lisování	21
2.4.5. Vkládání vložky za tepla	21
2.4.6. Svařování ultrazvukem	22
2.4.7. Lisování za studena	22
2.5. Lineární vedení	24
2.5.1. Třecí vedení	24
2.5.2. Valivá vedení	25
<b>3. Volba technologií</b>	26
3.1. Rozbor problematiky	26
3.1.1. Rám stroje	26
3.1.2. Pracovní prostor	26
3.2. Volba použití mechanismů	27
3.2.1. Možnosti zakládání a odebírání kusů	27
3.2.2. Manipulátor mezi lůžkem a zásobníkem IO kusů	28
3.2.3. Možnosti lisování závitové vložky	28
3.2.4. Možnosti kompletace adaptační desky a kliky	30
3.2.5. Vyhodnocení a zvolení mechanismů	30
3.3.	31
<b>4. Konstrukce stroje</b>	31
4.1. Použitá zařízení:	31
4.2. Základní stavba stroje	33
4.3.	34
4.4. Konstrukce základacího lůžka	34
4.5. Kompletační mechanismus	37
4.6. Lisovací konzole	41
4.7. Celkový strojní čas:	51
4.8. Ostatní součásti stroje	52
4.8.1. Zásobník na NOK kusy - Zmetkovník	52
4.8.2. Ostatní pneumatické vybavení	53
4.8.3. Elektro-vybavení	54
<b>5. Analýza rizik</b>	55
5.1. Bezpečnostní opatření	56
5.1.1. Zbytkové rizikové faktory	58
<b>6. Závěr</b>	58

7.	Seznam zdrojů .....	59
8.	Seznam zkratk a symbolů .....	61
9.	Seznam obrázků.....	62
10.	Seznam příloh.....	63

## 1. Úvod

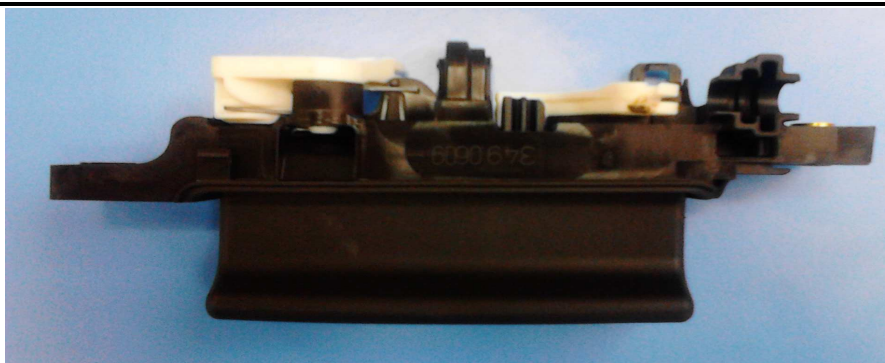
Montážní stanice obdobné jako tato jsou používány ve montážních halách různých firem pro skládání základních částí do menších celků, v tomto případě automobilových klik. Tyto podniky jsou základem pro rychlou a levnou výrobu. Nejvíce se přínos těchto montážních hal projevuje v automobilovém průmyslu. Z tohoto důvodu je třeba zabývat se problematikou montážních stanic. Na výrobu těchto stanic jsou kladeny velké nároky na nízkou cenu a rychlý pracovní cyklus aby návratnost do této investice bylo co možná nejrychlejší. Z tohoto důvodu je třeba používat co nejjednodušší a nejlevnější technologie. Mnohdy, ačkoliv si myslím, že je to špatný přístup, převažuje cena pořízení stanice nad náklady na její provoz. Z těchto důvodů se na malých montážních stanicích nejčastěji vyskytují jako pohony pneumatické válce, pro přesun materiálu jednoduché manipulátory a celkový rám těchto stanic bývá tvořen extrudovanými profily, kvůli jejich nízké hmotnosti, modulárnosti a nízké ceně ve srovnání se svařovanou konstrukcí. Dále na těchto stanicích bývají často k vidění servomotory pohánějící kuličkové šrouby jakožto přesné pohony, například při lisování. Pro manipulaci velmi často bývá přítomen operátor a případně bývá stroj dovybaven malým manipulátorem. Pokud je třeba ve stanici více pohybů pro které by byl manipulátor nevhodný a operátor zbytečný, bývá použit robotický manipulátor dovolující mnohem více pohybů než jednoduchý manipulátor. Ačkoliv tyto stroje bývají dražší a větší jejich provoz se vyplatí, jelikož na nich bývá umístěno více než jedna operace na kusu.

### 1.1. Zadání zákazníka

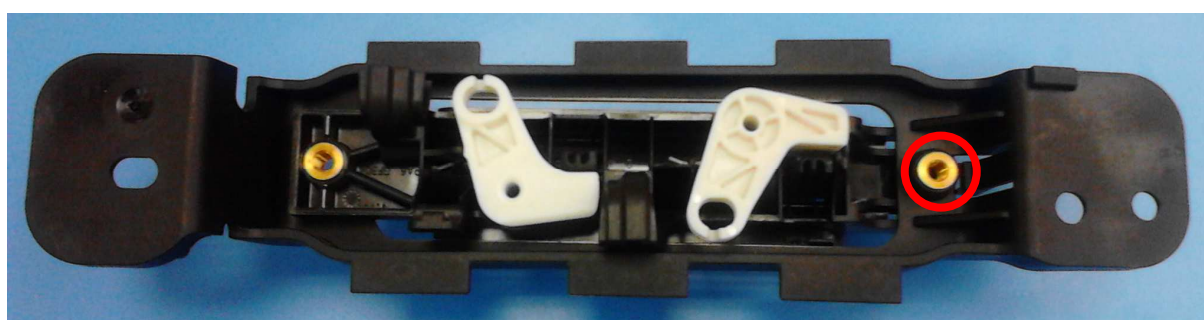
Dle požadavku zákazníka jsem měl navrhnout a zkonstruovat stroj pro montáž závitových vložek do těles klik. Nejednalo se o samostatnou stanici, ale stroj, který je pneumaticky a ovládáním přidružen ke stanici pro kompletaci částí těles těchto klik. Z tohoto důvodu bylo žádoucí, aby použité technologie a mechanické prvky stroje byly shodné potažmo lehce zaměnitelné.



Obr. 1 Adaptační deska



Obr. 2 Komplet kliky



Obr. 3 Zkompletovaná klika

### 1.1.1. Požadavky zákazníka na konstrukci stroje

#### **Technický popis**

- Rám stanice z profilů a prvků BOSCH, pracovní deskou a 4-mi pojezdovými kolečky (2x s brzdou)
- Zakládací lůžko pro sestavu komplet kliky SDO380 (obr.2) s adaptační deskou (obr.1) R nebo L
- Pneumatická manipulační a lisovací jednotka s upínací hlavou na závitové pouzdro, kontrolou míry zalisování a upínacími čelistmi.
- Pneumatický značkovač IO kusů hrotem
- Lineární skluzový zásobník IO kusů
- Reset a stop tlačítka na hraně pracovní desky
- Bezpečnostní krytování s optickou mříží v místě obsluhy
- Zmetkovník s čidlem NIO adaptační desky (s pouzdrem)
- Systém kontrolních a signalizačních prvků založení montovaných částí a výsledku montáže.
- Hartingové připojení na pneumoinstalaci a elektroinstalaci včetně HW zařízení typ.oz.111145
- Doplnění elektroinstalace, pneumoinstalace a HW zařízení typ.oz.111145
- Rozšíření SW zařízení typ.oz.111145

V pozdější fázi konstrukce stroje byl požadavek zákazníka pozměněn. A to:

- Strojní zacvaknutí kliky do adaptační desky
- Skluzový zásobník nahrazen za pásový dodaný zákazníkem



### Parametry stroje

- |                                    |                                     |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| - obsluha                          | 1 operátor                          |
| - strojní takt                     | do 10 s                             |
| - elektrická energie               | 230V, 50Hz, max. 0,2kW              |
| - stlačený vzduch 6 bar přetlaku   | cca 1 Nm <sup>3</sup> /h            |
| - max. zástavbové rozměry 1 stroje | š.: 600 mm, hl.: 600 mm, v: 2500 mm |
| - max. hmotnost                    | 300 kg                              |
| - Pracovní doba:                   | dvousměnný provoz, 5 dní v týdnu    |

V pozdější fázi konstrukce stroje byl požadavek zákazníka pozměněn. A to:

- Rozměr stroje přizpůsobit vzhledem k přidání mechanismu zacvaknutí
- Rozměr stroje přizpůsobit vzhledem k umístění pásového dopravníku

### 1.1.2. Pracovní cyklus stroje

- |     |   |                  |
|-----|---|------------------|
| 1.  | Odebrání IO kompletu SDOV380 z dopravníku a nasazení adaptační desky  | operátor         |
| 2.  | Založení sestavy do lůžka   | operátor         |
| 3.  | Založení závitového pouzdra do hlavy jednotky   | operátor         |
| 4.  | Vystoupení z mříže  | operátor         |
| 5.  | Kontrola založení, upnutí a zalisování závitového pouzdra, kontrola míry zalisování jednotkou                       | automat          |
| 7a. | IO komplet je označen a vyzvednut jednotkou z lůžka   | automat          |
| 7b. | NIO odepnut až po stisknutí tlačítka RESET  | operátor         |
| 8a. | IO komplet je jednotkou přenesen na zásobník kde je odepnut. Pohybem s upnutým kompletem se v posouvají IO komplety | automat          |
| 8b. | NIO adaptační deska je po demontování prohozena do zmetkovníku .Prohození je podmínkou dalšího cyklu                | operátor/automat |
| 9.  | Signalizace výsledku a záznam do evidence počtu kusů  |                  |

Intervalově je vyprazdňován skluzový zásobník

Po změně zadání zákazníkem:

- |     |   |                  |
|-----|---|------------------|
| 1.  | Odebrání IO kompletu SDOV380 z dopravníku a nasazení adaptační desky  | operátor         |
| 2.  | Založení sestavy do lůžka   | operátor         |
| 3.  | Založení závitového pouzdra do hlavy jednotky   | operátor         |
| 4.  | Vystoupení z mříže  | operátor         |
| 5.  | Kontrola založení, zkompletování adaptační desky s klikou a zalisování závitového pouzdra, kontrola míry zalisování jednotkou | automat          |
| 7a. | IO komplet je označen a vyzvednut jednotkou z lůžka   | automat          |
| 7b. | NIO odepnut až po stisknutí tlačítka RESET  | operátor         |
| 8a. | IO komplet je jednotkou přenesen na zásobník kde je odepnut. Po odložení na dopravník se posouvá o jeden krok                 | automat          |
| 8b. | NIO adaptační deska je po demontování prohozena do zmetkovníku .Prohození je podmínkou dalšího cyklu                          | operátor/automat |
| 9.  | Signalizace výsledku a záznam do evidence počtu kusů  |                  |
- Intervalově je vyprazdňován pásový zásobník

## 2. Přehled možností technologií a vybavení

Pro konstrukci tohoto zařízení bylo třeba držet se zadání a představ zákazníka. Což je svým způsobem limitující ve výběru technologií a postupů. Proto zde uvádím přehled dostupných technologií a mechanismů, ovšem jaké dodavatele součástí vyberu již bylo předem dáno.

### 2.1. Snímače

Na každém zařízení, ovládaném elektronicky, je potřeba sledovat pohyby částí, přítomnosti kusů, osvětlení pracoviště, správnou funkci zařízení a bezpečnost.

#### Typy snímačů:

- Indukční snímače - Vlastní indukční snímač (obr.4) je tvořen cívkou (nebo systémem cívek) bez feromagnetického jádra nebo s feromagnetickým popř. neferomagnetickým elektricky vodivým jádrem. Působením neelektrické veličiny dochází k vzájemnému posunutí těchto částí nebo ke změně jejich elektrických vlastností. To vyvolá změnu indukčnosti cívky (tlumivkové snímače) případně vzájemné indukčnosti dvou cívek (transformátorové snímače), která vyvolá změnu proudu protékajícího obvodem. Snímací prvky mohou být v provedení jednoduchém nebo diferenciálním, s výstupním signálem spojitým nebo nespojitým. Indukční snímač se spojitým výstupem nemusí být použit pouze k měření vzdáleností. Při konstantní vzdálenosti závisí výstupní proud na velikosti a tvaru sledovaného objektu, lze jej tedy použít ke třídění kovových předmětů podle velikosti. Protože se při měření budí elektromagnetické pole v měřeném objektu, závisí měřicí rozsah na magnetické permeabilitě a elektrické vodivosti materiálu, ze kterého je předmět vyroben. Pro diamagnetické materiály (měď, hliník) se měřicí rozsah zmenšuje. [8]



Obr. 4 Indukční snímače SICK [8]

- Mechanické snímače - Nejjednoduššími snímači jsou snímače mechanické. Fungují na principu fyzického kontaktu tělesa s čidlem

snímače. Tímto dojde k uzavření obvodu a snímač vyšle signál dál ke zpracování. Tyto snímače mají výhodu v jednoduchosti a ceně, ale dochází u nich ke zvýšenému opotřebení jak styčných ploch čidla tak i spínače uvnitř. Dále jsou obvykle větší než jiné druhy snímačů. Jejich nejčastějším využitím je montáž jako koncová čidla. To znamená, že fungují pro detekci dosažení mezní polohy natočení nebo posuvu. Ke spínání snímače může sloužit čistě jen kus, který se kontaktem s jiným tělesem zasune do těla snímače (snímání pohybu rovnoběžně s osou snímače), kladička na rameni, která sepne při přejezdu tělesa (snímání pohybu kolmo na osu snímače), tato kladička může být vyklonitelná na jednu nebo na obě strany. Dále jsou mechanické snímače se spínáním na tah, kdy k sepnutí dojde při povytažení spínacího členu.

Zvláštní případ mechanického snímače jsou například mikrosnímače od firmy Misumi (obr.5). U těchto snímačů také dochází k sepnutí při kontaktu s jiným tělesem, ale vnitřní stavba snímače se liší tím, že zde nedochází k fyzickému sepnutí dvou kontaktů, ale je uvnitř umístěna hallova sonda. [14]



Obr. 5 Kontaktní snímače MISUMI [14]

- Kapacitní snímače - Aktivní část kapacitního čidla tvoří dvě elektrody měřicího kondenzátoru. Elektrody jsou zapojeny v obvodu oscilátoru. Při přiblížení předmětu k aktivní části čidla, dojde ke změně kapacity kondenzátoru a tím i ke změně kmitočtu oscilátoru (izolant změní permitivitu dielektrika, kovový předmět zvětšuje plochu elektrod). Změna kmitočtu je vyhodnocena elektronikou senzoru a po následném zesílení převedena na výstupní signál. Citlivost kapacitního čidla (dosah) je možné plynule nastavovat víceotáčkovým trimrem.

Tyto snímače mohou snímat i nekovové materiály čehož se využívá tam, kde nelze použít indukční snímače a mohou detekovat sledovanou látku i přes stěnu nádoby. Nevýhodou je vyšší cena než u indukčních snímačů.

Stavbou se podobají indukčním snímačům. (obr.6)

Používají se k detekci přítomnosti kovových i nekovových materiálů. Díky detekci přes překážku se používají k měření hladiny kapaliny v nádobách, naplnění pytlů materiálem atp. Dále lze použít k rozlišování druhů materiálu.



Obr. 6 Kapacitní snímače SICK [8]

- Optické snímače - Velkou skupinou snímačů jsou optické a optoelektronické snímače. Tyto snímače využívají k detekci různých druhů světla, ať už viditelné, laserové či infračervené. Výhodou těchto snímačů je velká snímací vzdálenost. Nevýhodou je cena a citlivost na zanesení prachem. Optoelektronické snímače používají k detekci světelný paprsek o dané vlnové délce. Detekci tohoto paprsku vysílají jako elektrický signál k vyhodnocení. Mohou být použity jak k detekci světlo/tma tak i k odměřování vzdálenosti. Tyto snímače mají mnoho tvarů a funkcí.[8]

Mohou být stavěny jako:

Optická závora – snímač se skládá z vysílače a přijmače a snímá přerušování paprsku

Reflexní závora – v jednom těle snímače je vysílač a přijímač. Vyslaný paprsek jde do odrazky a zpět do snímače. Opět se snímá přerušování paprsku

Difuzní snímač – V jednom těle je opět snímač a vysílač. Tentokrát není třeba odrazky. Snímač reaguje na předmět v nastavené vzdálenosti od zdroje světla. Při dopadu paprsku na předmět je tento detekován přijímačem. Tyto snímače se vyrábí v různých provedeních – se zacloněným pozadím, se zacloněným popředím

Zvláštním provedením jsou snímače používající optická vlákna, kdy ze zdroje světla je toto vedeno vláknem ke snímanému místu, velkou výhodou je malý zástavbový prostor.

Další skupinou optických snímačů jsou tzv. registrační snímače. Tyto jsou složitější svým provedením a elektronikou, ale díky tomu umožňují pokročilejší možnosti snímání. Pomocí těchto snímačů je možné detekovat kontrast na hraně, barvy, struktury povrchu či tvary. Cena těchto snímačů je vyšší než u jednoduchých optoelektronických, ovšem jejich možnosti jsou také větší.

## 2.2. Pohybové součásti

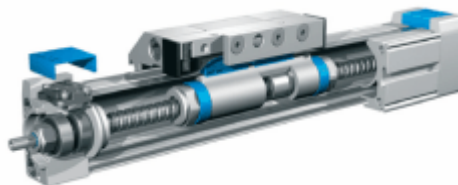
Pro rozpohybování stroje je zapotřebí použití motorů. Možností, jaké motory použít, je velké množství. Každý pohon se hodí na různé aplikace. Při výběru motoru je nutné brát v potaz požadavky zákazníka, ekonomická hlediska, ergonomická hlediska a zdroje podniku.

### Typy pohonů:

- **Elektrické pohony** - Jsou to pohony, které k vykonávání práce využívají elektrický proud. Ve valné většině se jedná o rotační pohony, ale existují i pohony lineární. Na malé montážní stanici by se neuplatnily klasické elektromotory bez řízení pozicování a otáček a proto by bylo zapotřebí použít servopohon nebo krokový motor. Pro využití rotačních elektromotorů pro posuvný pohyb by bylo třeba vřazení dalšího pohybového mechanismu.

- Výhody:**
- Široký rozsah momentů
  - Nízká úroveň hluku
  - Není zdrojem zplodin při své práci
  - Snadné řízení a ovladatelnost
  - Okamžitá provozuschopnost

- Nevýhody:**
- Elektrický pohon je závislý na okamžité dodávce elektrické energie
  - Vyšší pořizovací cena



Obr. 7 Lineární pohon FESTO [6]



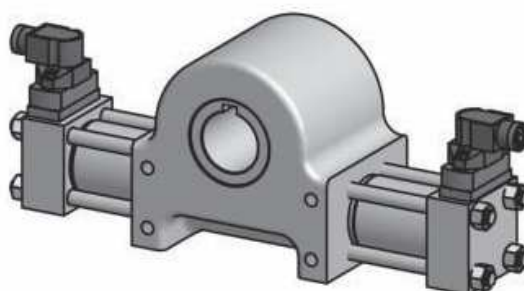
Obr. 8 servopohon TG drives [10]

- **Hydraulické pohony** - Jsou to pohony, které k vykonávání práce využívají kapaliny. Mohou být v provedení rotačním i lineárním. Pro malou montážní stanici jsou více využitelné právě lineární pohony. Využití je hlavně pro pohyby konzol a vyvození pracovních sil.

- Výhody:**
- jednoduchá konstrukce
  - levné
  - vysoký pracovní tlak
- Nevýhody:**
- malý výkon
  - ne vždy dostupný zdroj
  - relativně složitý rozvod



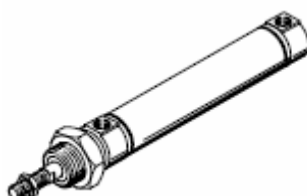
Obr. 9 Hydraulický válec HANCHEN [5]



Obr. 10 Rotační hydraulický aktuátor [5]

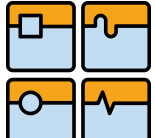
- **Pneumatické pohony** - Jsou to pohony, které k vykonávání práce využívají vzduchu. Mohou být v provedení lineárním i rotačním. Svou konstrukcí jsou velmi podobné pohonům hydraulickým. Na rozdíl od hydraulických pohonů ovšem mají jednodušší způsob rozvodu média a většina montážních podniků má páteřní rozvod vzduchu.

- Výhody:**
- jednoduchá konstrukce
  - levné
  - snadno dostupné médium
- Nevýhody:**
- nižší pracovní tlaky než hydraulický pohon
  - velké náklady na vytvoření tlakového vzduchu



Obr. 11 Lineární pohon FESTO [6]



	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 17
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	



Obr. 12 Rotační pohon FESTO [6]

## 2.3. Bezpečnostní prvky

Jedním ze základních požadavků na stroj je jeho bezpečnost. Tou rozumíme nejen omezení rizika zranění obsluhy, ale i minimalizaci vlivů na okolní prostředí po skončení funkce stroje.

### 2.3.1. Pasivní bezpečnost

Do pasivní bezpečnosti řadíme prvky na stroji, které nevyžadují přísun energie. Vždy se snažíme o dosažení takové bezpečnosti, aby stroj splňoval stanovené podmínky, ale také aby jeho konstrukce nebyla příliš finančně nákladná.

Nejjednodušším a zároveň nejúčinnějším prvkem pasivní bezpečnosti je krytování stroje. Je to velmi levný způsob zamezení přístupu do nebezpečných oblastí stroje. Nebezpečnou oblastí se rozumí okolí pohyblivých částí stroje, zdroje nadměrného tepla či neizolované součásti pod proudem. Jako krytování stroje může sloužit pevná stěna na zařízení, otevírací kryt s bezpečnostním zámkem či oplocení stroje.

Dalším prvkem pasivní bezpečnosti je výstražné značení nebezpečných oblastí. Tím rozumíme vyvěšení štítku s upozorněním na nebezpečí nebo zvýraznění míst možného nebezpečného přístupu do stroje. Ovšem se nemusí jednat jen o nebezpečí dotyku tepelných zdrojů či kontaktu s pohyblivými částmi, ale určité nebezpečí skýtá také například dopravník trčící ven ze stroje. Ten se tímto stává překážkou v pohybu.

Těchto opatření se používá při nemožnosti zakrytování nebezpečných míst nebo ošetření těchto míst pomocí aktivní ochrany. Je to velmi levné řešení ovšem jeho vliv na bezpečnost stroje je nižší než u krytování.

Mezi pasivní prvky bezpečnosti patří i bezpečnostní pomůcky pro operátora stroje. Dle funkce stroje a druhů nebezpečí na stroji se určuje nutnost ochranných oděvů. Máme možnost předepsat obsluze nutnost používání ochranných bot, rukavic, brýlí, oděvů, přileb či ucpávek do uší.

Do této kategorie lze zařadit i bezpečnost skrze kontrolu a pravidelnou údržbu stroje. Tuto provádí proškolený technik. Většinou se provádí v nouzovém chodu stroje a některé bezpečnostní prvky bývají odpojeny. Proto je povědomí o možných rizicích pro technika velmi důležité. Se strojem se většinou dodává i seznam nejpotřebovanějších součástí. Na tyto se technik převážně zaměřuje při kontrole, ale sleduje i celkový stav stroje. Provádí-li se menší údržbové úkony, probíhají

většinou v plném provozu. Maximálně znamenají jen drobné zdržení - například změna regulace tlaku vzduchu. Pokud se jedná o větší údržbu, je třeba stroj odstavit. Toto je v podnicích nežádoucí, jelikož se stojícím strojem přichází firma o peníze.

Posledním nástrojem pasivní bezpečnosti je poučení operátora o správném ovládání stroje. Poučení o chování v blízkosti nebezpečných částí stroje. Poučení operátora je jednou z nejdůležitějších součástí ochrany neboť stroj může být zabezpečen všemi možnými prostředky ovšem lidský faktor při ovládání stroje je nejrizikovější. Je větší pravděpodobnost selhání operátora než selhání stroje, jelikož stroje jsou odzkoušeny a musí splňovat bezpečnostní a provozní normy.

### 2.3.2. Aktivní bezpečnost

Aktivní bezpečnostní rozumíme prvky, součásti stroje, které skrze snímače kontrolují pracovní prostor či vzdálenosti částí stroje.

Nejjednodušším prvkem aktivní ochrany je uzavírací kryt. Tentokrát je ovšem ovládán strojně po spouštěcím příkazu. Jelikož se jedná o pohyblivou část, je třeba ji určitým způsobem udělat bezpečnou. To znamená je třeba eliminovat nebo alespoň maximálně omezit místa, kde by mohlo dojít ke skřípnutí či nárazu do částí těla operátora. Pokud jsou to jen pracovní kryty stroje, ke kterým nemá operátor přístup, například k oddělení jednotlivých automatizovaných pracovišť, stačí jen sledovat jestli je kryt otevřen nebo zavřen.

Pokud oddělují pracovníka od stroje je třeba zamezit kontaktu operátora s nebezpečnými částmi. Mezi nerizikovější patří oblasti kolem pantů nebo kolejnic při zajišťovacím krytu. Tyto stačí povětšinou zakrýt pružným pásem potažmo krytem kolejnic.

Obtížnější je zabezpečit plochy kde by mohlo dojít ke stříhu. U dveří na pantu to bývá většinou řešeno jen poučením operátora, jelikož je dostatečně pokryt všechny střížné hrany. Ovšem u montážních stanic se mnohem častěji než automaticky otvírané dveře vyskytují přejížděcí kryty. U tohoto krytování je povětšinou střížná hrana kolmá na směr pohybu. Samozřejmě bývá obsluha poučena o povaze rizika, ale máme zde i další možnost jak minimalizovat nebezpečí stříhu.

Na tuto hranu umístíme dotykovou gumovou lištu. Tato obsahuje odporový pás, který se při zmáčknutí gumy deformuje a vyvolá změnu v napětí. Tato je sledována řídicí jednotkou, která kryt včas zastaví. Reakční doba systému se pohybuje v řádek desítek milisekund. Ovšem problémem bývá setrvace dveří v pohybu, obzvláště pokud kryt sjíždí shora dolů. Proto dodavatelé těchto bezpečnostních prvků doporučují jednotlivé typy dle aplikací.

Zvláštním typem sjížděcího krytu jsou rolety. Tyto jsou oproti pevným krytům lehčí, tudíž méně nebezpečné a jejich reakční doba bývá nižší. Ovšem cena bezpečnostní rolety bývá i řádově vyšší.

Často používaným bezpečnostním prvkem na montážních pracovištích jsou bezpečnostní světelné závěsy. Jedná se o čistě elektronickou záležitost, takže odpadá riziko fyzického zranění v důsledku ochrany jako bylo u automatických krytů. Standardní světelný závěs funguje na principu optické závory, kdy na jedné straně je vysílač a na druhé přijímač signálu. Jakmile je paprsek přerušen dojde k rozepnutí



závory a vyslání bezpečnostního signálu. Bezpečnostní zapojení musí být vždy způsobem rozpínání. Pokud by snímač selhal, bude se automaticky hlásit jako při vstoupení do závory. Pokud by byl zapojen na sepnutí při vstoupení do závory, při vadě snímače by nikdy nehlásil nic a to by bylo nebezpečné. U těchto zařízení je velmi důležitá zpětná kontrola funkčnosti systému. Proto jsou složitější než jednoduché závory.

Světelný závěs se jim říká proto, že neobsahují jen jeden paprsek, ale celou řadu. Bývají umístěny v určitých rozestupech od sebe. Tyto jsou popsány v bezpečnostních normách. Podle velikosti sledované oblasti volíme velikost závory. Každý výrobce má své rozměry závor standardizované. Rozestupy jednotlivých paprsků volíme dle aplikace. Pro většinu montážních stanic se používá rozstup 14mm. Při tomto rozestupu lze mezi paprsky prostrčit jen prst.

Další prvky aktivní bezpečnosti jsou snímače pohybu, které detekují přítomnost cizího tělesa v dané oblasti. Tyto bývají dražší než standardní světelné závěsy. Jejich velkou výhodou je velikost pokrytého prostoru vzhledem k velikosti snímače. Používají se jako čidla přiblížení ke stroji. Pro náhradu světelným závěsem by bylo nutno vystavět kolem stroje sloupky na které by tyto závěsy byly umístěny a natáhnout k nim kabeláž, což je dost nepraktické.

Pro zabezpečení prostoru je možno využít i bezpečnostních kamer. Jejich velkou výhodou je možnost rozpoznávání předmětů v zorném poli. Takže mohou reagovat na končetinu přičemž výrobek na pásu se pohybuje bez spuštění bezpečnosti.

Samozřejmě jsou i různé bezpečnostní snímače jako indukční a kapacitní. Tyto se od standardních liší kromě vyšších standardů hlavně zpětnou kontrolou funkčnosti. [8]

## **2.4. Druhy montáže závitových vložek**

- montáž do závitu
- montáž samořezné závitové vložky
- montáž expanzní závitové vložky
- lisování

### **2.4.1. Montáž do závitu**

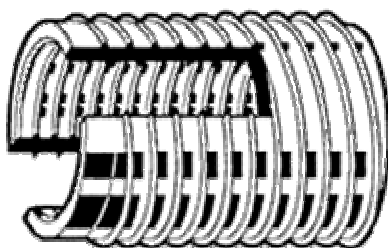
Této technologii se využívá především k opravě poškozených závitů v tvrdých materiálech. Montáž spočívá v převrtání díry s poškozeným závitem na větší. Po vyřezání nového závitu do převrtaného otvoru našroubujeme závitovou vložku. Tato má vnější a vnitřní závit takže velikost díry opět zredukuje na požadovaný rozměr. Závitová vložka musí být utažena vyšším momentem než šroub, který bude v ní umístěn, aby se předešlo jejímu uvolnění. V mnoha případech se také používá zalití vnějšího závitu vložky lepidlem což zajistí její lepší ukotvení v díře.



Obr. 13 Závítová vložka [4]

#### 2.4.2. Montáž samořezné závítové vložky

Samořezné vložky se montují tam, kde potřebujeme vytvořit pevnější závit v měkkém materiálu jako například měkkčí plasty nebo dřevo. Tyto vložky mají taktéž závit na vnějším i vnitřním průřezu, ale vnější závit je uzpůsoben tak, aby nebylo třeba předřezávat závit do materiálu. Při montáži se do materiálu vyvrtá díra odpovídajícího průměru pro vložku, kterou chceme použít. Pro lepší zajištění vložky můžeme opět použít lepidla .



Obr. 14 Samořezná závítová vložka [4]

#### 2.4.3. Montáž expanzní závítové vložky

Tyto vložky slouží k ukotvení závitu do plastů za studena. Od ostatních vložek, které mají pevný tvar, se liší tím, že při montáži se jejich tvar mění. Tento je v základním stavu vložky zdeformován ve smyslu uzavření vložky. Po zašroubování do připravené díry, do této vložky zašroubujeme šroub a tím dojde k roztáhnutí konce vložky a ukotvení v díře[1].



Obr. 15 Expanzní závítová vložka [1]

#### 2.4.4. Lisování

Je to technologie využívající k zalisování závitové vložky tlakovou sílu. Vložky pro lisování jsou pevné se vzorkovým povrchem kvůli ukotvení. Používá se k ukotvení závitové vložky v plastech. Díra pro vložku bývá zpravidla již součástí odlitého plastového tělesa.



Obr. 16 Zalisované závitové pouzdro [1]

Pro sériovou výrobu je nejvhodnější montovat závitové vložky pomocí lisování, jelikož tato technologie má nejnižší nároky na předzpracování materiálu a na lidskou obsluhu. Pro malosériovou výrobu by byly vhodné technologie montáže expanzních vložek nebo samořezných vložek.

K lisování závitových vložek se využívá několika technologií [2]:

- **Vkládání vložky za tepla**
- **Svařování ultrazvukem**
- **Lisování za studena**

#### 2.4.5. Vkládání vložky za tepla

Tato metoda používá dva různé přístupy k zalisování vložky. Lisování při nahřívání vložky nebo lisování předeřtuté vložky. V obou případech jsou vložky do plastu zatlačovány přesnou silou, většinou ne větší než 110 kg. Tato metoda vyžaduje, aby při montáži byla nahřána celá závitová vložka, nejen přechod vložka-plast. Takže pro správnou montáž je třeba aby materiál vložky měl dobrou tepelnou vodivost. Díky tomu se plast kolem rychle roztaví. Také to zaručuje možnost rychlého zchlazení vložky. Proto jsou nejpoužívanějšími materiály vložek hliník nebo mosaz. Těchto metod se využívá k lisování závitových vložek do termoplastů, které jsou snadno poddajné zvýšené teplotě a po zchlazení nabudou opět svou pevnost. [3]

Vložka může být nahřívána několika způsoby. Prvním je nahřívání pomocí topné patrony. Tato je v kontaktu s vložkou a tím ji nahřívá. Při nahřívání je na vložku vyvíjen tlak a ta je zatlačována do plastu. Teplo se přenáší na okolní plast a ten se taví a zatéká do tvarových prvků na povrchu závitové vložky.

Dalším způsobem je nahřívání pomocí indukce, kdy je vložka vtlačována do plastu a je nahřívána pomocí elektromagnetického pole v jejím okolí. Oproti tepelné patroně se zdroj tepla nedotýká závitové vložky.

#### 2.4.6. Svařování ultrazvukem

Při svařování ultrazvukem je na závitovou vložku působeno jen malou silou. Vložka je vtlačována do předvrtané nebo předlité díry. Speciálním zařízením - sonotrodou - je elektrická energie měněna na vysokofrekvenční vibrace. Tyto jsou, skrze fyzický kontakt, přenášeny ze sonotrody na závitovou vložku. Tyto vibrace generují dostatečné teplo k natavení okolního plastu a ten zateče do tvarových prvků na povrchu vložky.

#### 2.4.7. Lisování za studena

Jedná se o proces vkládání vložky do materiálu beze změny její teploty nebo teploty plastu. Proto je tento proces relativně jednodušší než vkládání za tepla. Při lisování za studena je třeba působit na vložku dostatečně velkou silou, aby se vložka prořezala do plastu. Proto je nejvhodnějším tvarem vložky pro tuto aplikaci je klasická kuželová vložka s podélným drážkováním nebo mírnou šroubovicí s přírubou na široké základně. Ovšem těchto vložek se velkým měřítku nevyužívá kvůli jejich zjevné nevýhodě. A to možnosti zatížení jen ve směru ve kterém byly zalisovány. V opačném směru by došlo k jejich vytažení. Je možno použít i standardní vložky pro lisování za tepla, ale je potřeba vyvinout na ně podstatně vyšší tlakovou sílu a vlastnosti spoje nebudou tak dobré jako při tepelném vkládání [1].



Obr. 17 Kuželová vložka s přírubou

K vyvození lisovací síly můžeme využít několika zdrojů.

- Elektrický lineární pohon
- Elektrický rotační pohon a převodník rotačního pohybu na lineární
- Hydraulický lineární pohon
- Pneumatický lineární pohon

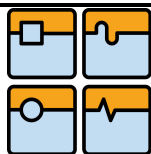
Teoreticky by ještě připadaly v úvahu rotační pneumatické a hydraulické pohony, ale tyto jsou velmi složité a velmi energeticky nevýhodné pro tuto aplikaci.

##### Elektrický lineární pohon

Jedná se o solenoidové motory které zajišťují lineární pohyb.

Pomocí soustavy solenoidů uvnitř motoru je uváděna průchozí hřídel do přímočarého pohybu.

Výhody tohoto řešení jsou malý zastavěný prostor, tedy i jednodušší konstrukce stroje - není třeba převodníku pohybu. Nevýhodou jsou relativně malé dosáhnutelné síly a tepelné zahřívání, nutnost vnějšího odměřování pozice [16].



Obr. 18 Lineární solenoidový motor [16]

**Elektrický rotační pohon a převodník rotačního pohybu na lineární**

Při tomto lisování se využívá klasických rotačních servopohonů. Jako převodník pohybu se používá kuličkový nebo trapézový šroub. Tímto způsobem je možno vyvinout velké tlakové síly a pohyb s dostatečně velkým zdvihem. Jelikož je používán elektrický pohon tak nejsou ani vysoké nároky na energii. Další výhodou je možnost nastavení přesné lisovací síly a odměřování polohy integrované v motoru. Nevýhodami tohoto řešení jsou složitost mechanismu - jelikož je třeba spojit motor s pohybovým šroubem, dále vedení šroubu, vedení konzole se samotným lisem, z toho plyne i velikost zastavěného prostoru a vyšší pořizovací cena servopohonu. Existují i řešení, která redukuje zastavbový prostor na minimum - elektrolisy, které mají pohybový šroub vestavěn přímo rotoru. Ovšem tuto výhodu opět provází vyšší cena. [15]



Obr. 19 Elektrolis firmy Kistler [15]

**Hydraulický a pneumatický pohon**

K vyvození lineárního pohybu se využívá tlaku média - hydraulické kapaliny nebo tlakového vzduchu. Fungují na jednoduchém principu, kdy válec tlačí na konzoly s lisovacím trnem. Tato konzole je pevně vedena a zaručuje velkou přesnost montáže. Pro krátké zdvihy válce, je možno přidělat lisovací trn přímo na pístnici. Lisovací síla se mění v závislosti na tlaku média. Výhodou je nízká pořizovací cena a dostupnost pohonného média - obzvláště vzduchu. Nevýhodou je zastavěný prostor, nutnost montáže externího odměřování, a vyšší nároky na energii.



Obr. 20 Pneumatický válec firmy FESTO [6]

## **2.5. Lineární vedení**

Pro většinu pohybů na stroji je třeba vymezit trasu po které má tento být prováděn. K tomu slouží lineární vedení.

V základu dělíme lineární vedení na třecí a valivá.





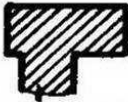
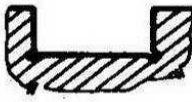


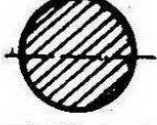

### **2.5.1. Třecí vedení**

Dochází zde k tření dvou po sobě se pohybujících povrchů. Z toho vyplývá že tyto vedení je třeba lépe mazat a vzniká zde vyšší teplo. Dále je větší i odpor vedení vůči pohybu. Tato negativa jsou nahrazena velkou tuhostí vedení a jeho velkou únosností.

Tato vedení mohou být různých tvarů - ploché, prizmatické, rybinovité, kruhové. Každé z těchto vedení má své specifické vlastnosti jako únosnost, zajištění v určených směrech, vymezení vůle.

Mohou být lineární i rotační. [17]

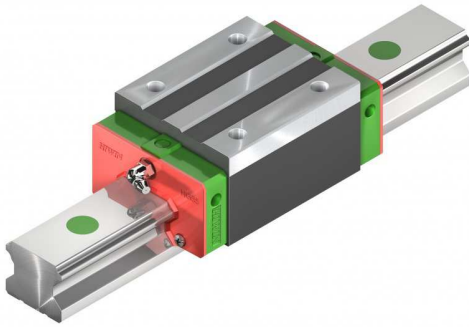


Typ (název)		Vodící plochy		použití	Norma
		vnější	vnitřní		
prismatické	symetrické			<ul style="list-style-type: none"> <li>- zvýšená přesnost</li> <li>- aut. vymezování opotřebení</li> <li>- dobrý odvod třísek = vnější</li> <li>- dobré mazání = vnitřní</li> </ul>	ON 20 3560
	nesymetrické			<ul style="list-style-type: none"> <li>- pro nerovnoměrné rozd. tlaku</li> <li>- vlastnosti shodné se symetr.</li> </ul>	ON 203561
ploché				<ul style="list-style-type: none"> <li>- normální přesnost</li> <li>- nutné vymez. vůlí (lístky)</li> <li>- nutná ochrana proti třískám</li> </ul>	ON 203555
rybnovité				<ul style="list-style-type: none"> <li>- malé stavební rozměry</li> <li>- horší třecí poměry</li> </ul>	ON 203570 aZ 76
kruhové				<ul style="list-style-type: none"> <li>- pro osová zatížení</li> <li>- nižší přesnost</li> </ul>	

Obr. 21 Základní typy lineárních třecích vedení [17]

### 2.5.2. Valivá vedení

Při vedení pohybu valivými ložisky nedochází k smykovému, ale k valivému tření. Z tohoto důvodu mají tato ložiska mnohem menší odpor při pohybu. Ovšem díky přidání valivých členů mezi kontaktní plochy se zvedá složitost mechanismu a tím i jeho zástavbové rozměry a cena. Oproti třecím vedením je není třeba tak dobře mazat. Mají nižší únosnost než třecí vedení. Tato ložiska jsou vhodná zejména tam, kde dochází k pohybům velkými rychlostmi. Mohou být lineární i rotační.



Obr. 22 Lineární vedení HIWIN [9]



Obr. 23 Kuličkové ložisko SKF [18]

### 3. Volba technologií

#### 3.1. Rozbor problematiky

##### 3.1.1. Rám stroje

Tento musí být dostatečně pevný, aby vydržel pracovní zatížení, ale také lehký aby bylo možno s rámem manipulovat po výrobní hale.

Proto by měl být vybaven pojezdovými kolečky s možností zabrzdění. Dále je vhodné, aby byly použity konstrukční profily, kvůli své nízké hmotnosti a dostatečné pevnosti.

Stroj by měl být pokud možno kompaktní, tedy aby z něj nebyli vystrčeny zbytečné součásti, které by mohli zavazet při manipulaci se strojem a práci kolem něj.

Materiály použité v pracovním prostoru by měli být dostatečně pevné aby snesli daná zatížení, ale také dostatečně lehké.

Rám by měl umožňovat dostatečný prostor pro manipulaci operátora ve stroji. Dále upevnění vybavení stroje jako osvětlení, bezpečnostní prvky, pneumatický rozvod a elektrorozvaděč.

##### 3.1.2. Pracovní prostor

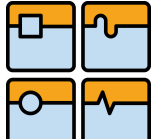
Lůžko:

- Lůžko je nutno vybavit snímači pro kontrolu správného založení adaptační desky kliky a jejich správné pozice
- Lůžko musí být dostatečně pevné a musí zajišťovat přesnou pozici kompletu kliky vůči lisu.
- Pohledové plochy kliky musí být chráněny před poškozením.
- Lůžko musí zajišťovat snadné vkládání adaptační desky a kliky a následné jednoduché vyjmutí kompletu kliky.

Lis:

- Lis je nutno zhotovit z dostatečně pevných materiálů kvůli zatížení.
- Je nutno zajistit jeho přesné vedení vůči lůžku, potažmo kompletu kliky.
- Je zapotřebí vybavit lis analogovým snímáním pozice kvůli kontrole hloubky zalisování vložky
- Na lisovacím trnu je třeba kontrolovat přítomnost založené závitové vložky
- Je třeba zajistit komplet kliky proti pohybu vlivem lisování a přitom povolit dostatečnou vůli pro navedení vložky
- Musí být vybaven zařízením k označení IO kusu



	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 27
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Kompletační mechanismus:

- Musí obsahovat zařízení ke kompletaci (zacvaknutí do sebe) adaptační desky a kliky
- Je třeba brát ohled na tvarové prvky na adaptační desce
- Musí být dostatečně tuhý vzhledem k nutnosti použití zvýšené síly

Manipulační mechanismus:

- Je třeba aby při uchopení kompletu kliky nemohlo dojít k samovolnému uvolnění
- Musí být schopen vyjmout komplet z lůžka a dopravit na zásobník (pás)
- Musí zajistit správné odložení kusu na pásový dopravník

Zásobník IO kusů

- Musí být zajištěno aby IO kus nemohl spadnout ze zásobníku
- Musí být kontrolováno odložení kusu a naplnění zásobníku
- musí být zajištěna stabilní pozice vůči stroji

Zmetkovník (zásobník na NIO kusy)

- Musí obsahovat snímání prohození NIO kusu
- Nesmí jít otevřít bez klíče - zajištění aby nebyli NIO kusy zaměněny za IO kusy

Pneumatické zařízení

- Musí dodávat do systému dostatečné množství vzduchu k provozu stroje
- Vzhledem k přidružení stanice k jinému stroji je zjednodušena úprava vzduchu
- Ventily jsou sdruženy do ventilového terminálu
- Rozvod vzduchu s ovládacími prvky musí být umístěn na přístupném místě

Elektrické zařízení

- Stroj je elektricky spojen se strojem, ke kterému je přidružen.
- Tento přidružený stroj zajišťuje napájení
- V elektrickém rozvaděči jsou prvky pro napájení stanice a komunikaci s přidruženým strojem
- V elektrickém rozvaděči jsou dále umístěny vyhodnocovací prvky bezpečnosti, stykače, prvky pro připojení snímačů.

## 3.2. Volba použití mechanismů

### 3.2.1. Možnosti zakládání a odebrání kusů

Jedná se o manipulaci mezi zásobníky částí - kliky, adaptační desky, zásobníkem na závitová pouzdra a strojem. A mezi lůžkem a zmetkovníkem. Během operace umístění kliky a adaptační desky do lůžka stroje je nutno tyto dvě části složit dohromady

**Operátor**

Lidská obsluha

Výhody:

- Intelligence
- Schopnost složitých pohybů
- Jednoduchá možnost komunikace a změny příkazů

Nevýhody:

- Lidský faktor - náchylnost k chybám
- Nutnost vyšších bezpečnostních opatření
- Vyšší provozní náklady

### Jednoduchý manipulátor

Další možností je použití jednoduchého manipulátoru. Jelikož se jedná o přidruženou stanici k jinému stroji který produkuje kliky, nebyl by problém použít manipulátor pro odebrání klik ze stanice a odebrání adaptačních desek ze zásobníku

Výhody

- Nízká pořizovací cena
- Nízké provozní náklady
- Eliminace lidského faktoru - nižší náchylnost k chybám
- Možnost nepřetržitého provozu

Nevýhody

- Nižší inteligence
- Nutnost počítačové komunikace
- Velmi omezené možnosti manipulace s klikami a adaptačními deskami
- Nároky na podpůrná zařízení - snímače, kamery

### Robotický manipulátor

Má většinu výhod jednoduchého manipulátoru. Předčí jej v přesnosti. V manipulačním prostoru a rychlosti.

Výhody:

- Nízké provozní náklady
- Eliminace lidského faktoru - nižší náchylnost k chybám
- Možnost nepřetržitého provozu
- Větší možnosti manipulace než jednoduchý manipulátor
- Vyšší inteligence než jednoduchý manipulátor

Nevýhody:

- Vyšší pořizovací cena
- Nutnost počítačové komunikace
- Nároky na podpůrná zařízení - snímače, kamery
- Oproti operátorovy stále nízké možnosti manipulace

### 3.2.2. Manipulátor mezi lůžkem a zásobníkem IO kusů

Při volbě zařízení k manipulaci mezi lůžkem a zásobníkem na IO kusy jsou možnosti volby stejné jako při manipulaci mezi zásobníky a strojem. Jen při tomto procesu není třeba dalších činností kromě přesunu samého.

### 3.2.3. Možnosti lisování závitové vložky

Jak už bylo zmíněno v rešeršní části práce možnosti lisování jsou tyto:

#### Lisování za studena

- ručně operátorem

Výhody:

- Rychlost
- Jednoduchost zařízení

Nevýhody:

- Vyšší provozní náklady
- Rychlá únava operátora - lisování vyžaduje velkou sílu
- Špatná možnost odměřování míry zalisování pouzdra
- Lidský faktor

#### - strojně

Výhody:

- Přesnost zakládání závitové vložky
- Rychlost
- Přesnost zalisování

Nevýhody:

- Nutnost vyvinout velkou sílu
- Potřeba vyšší bezpečnosti stroje než při ručním lisování

#### Lisování za tepla

Toto lisování se provádí jen strojně, jelikož pohyb operátory poblíž horkého zařízení by byl nebezpečný. Nerozlišuji zde lisování sonotrodou nebo nahříváním vložky

Výhody:

- Přesnost zakládání závitové vložky
- Přesnost zalisování
- Potřeba řádově nižších sil pro lisování než při lisování za tepla

Nevýhody:

- Pomalejší než lisování za studena kvůli zahřívání vložky
- Potřeba vyšší bezpečnosti stroje než při ručním lisování
- vyšší pořizovací cena

#### Možnosti zásobníku na IO kusy

Hlavním účelem tohoto zásobníku je skladovat IO kusy před odebráním a odvádět je ze stroje.

#### Operátor

Operátor odebírá ručně IO kusy ze stroje a ukládá je do zásobníku. Odebírání probíhá ihned po vyhodnocení IO kusu

Výhody:

- Inteligence
- Schopnost složitých pohybů
- Jednoduchá možnost komunikace a změny příkazů

Nevýhody:

- Lidský faktor - náchylnost k chybám
- Nutnost vyšších bezpečnostních opatření
- Vyšší provozní náklady

#### Skluz

IO kusy budou odloženy na skluz a odveden ze stroje. Možnosti jsou buď, že budou odvedeny do zásobníku nebo, že budou zůstat na skluzu a po naplnění je operátor odebere.

Výhody:

- Jednoduchost
- Nízká cena

- Minimální náklady na provoz
- Rychlost odvodu kusu ze stroje
- Odebírání až po naplnění zásobníku

Nevýhody: - Možnost poškození kusů při nárazu na sebe nebo konec skluzu  
 - Rizikové místo - trčí ze stroje

#### Dopravník

IO kus by byl odložen na pásový dopravník a odveden do skladovacího zásobníku nebo použit jako zásobník.

Výhody: - Omezení poškození kusu na minimum  
 - Rychlost odvodu kusu ze stroje  
 - Odebírání až po naplnění zásobníku

Nevýhody: - Rizikové místo - trčí ze stroje  
 - Nutnost elektrického ovládání

### 3.2.4. Možnosti kompletace adaptační desky a kliky

#### Operátor

Výhody: - Inteligence  
 - Schopnost složitých pohybů  
 - Jednoduchá možnost komunikace a změny příkazů

Nevýhody: - Lidský faktor - náchylnost k chybám  
 - Únava operátora vzhledem k použití zvýšené síly na kompletaci  
 - Vyšší provozní náklady

#### Strojním přítlakem

Výhody: - Jednoduchost  
 - Rychlost  
 - Možnost integrace do stroje

Nevýhody: - Zvýšení nároků na bezpečnost stroje

### 3.2.5. Vyhodnocení a zvolení mechanismů

S volbou mechanismů jsem musel brát ohledy na takt stroje, spolehlivost, mechanismy použité na přidruženém stroji a požadavky zákazníka

#### Zakládání kusů a odebírání do zmetkovníku

- pro tuto operaci jsem zvolil **lidského operátora**  
 Odůvodnění: - Stroj nepracuje nepřetržitě, ale dávkově při objednání kusů
  - Kompletace adaptační desky a kliky je pro manipulátor i pro robota velmi složitá
  - Snížení pořizovací ceny stroje

### Přesun OK kusu mezi lůžkem a zásobníkem

- pro tuto operaci jsem zvolil **jednoduchý manipulátor**  
 Odůvodnění:
  - Snížení pracovního času stroje
  - Potřeba manipulace jen ve dvou osách
  - Odpadá nutnost vstupu operátora do stroje
  - Nízká pořizovací cena oproti robotickému manipulátoru
  - Možnost kombinace s dalšími mechanismy na stroji

### Lisování závitové vložky

- Pro tuto operaci jsem zvolil **strojní lisování za studena**  
 Odůvodnění:
  - Snížení pracovního času stroje
  - Stejný mechanismus jako na přidruženém stroji
  - Přání zákazníka

### Zásobník n NIO kusy

- jako zásobník jsem zvolil **dopravníkový zásobník**  
 Odůvodnění:
  - Zamezení poškození IO kusu
  - Výslovné přání zákazníka

### Možnosti kompletace adaptační desky

- Pro tuto operaci jsem zvolil Kompletaci strojním přitlakem  
 Odůvodnění:
  - Snížení pracovního času stroje
  - Vyšší spolehlivost než operátor
  - Nižší provozní náklady

Z těchto voleb mechanismů vyplývá, že stroj může být buď poloautomat nebo ručně ovládaný. Jelikož ruční ovládání by bylo značně nepraktické a nízkoproduktivní s větší náchylností k chybám z důvodů časové náročnosti, nutnosti neustálé pozornosti obsluhy a lidského faktoru, je tento stroj postaven jako **poloautomat**.

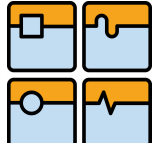
### 3.3.

## 4. Konstrukce stroje

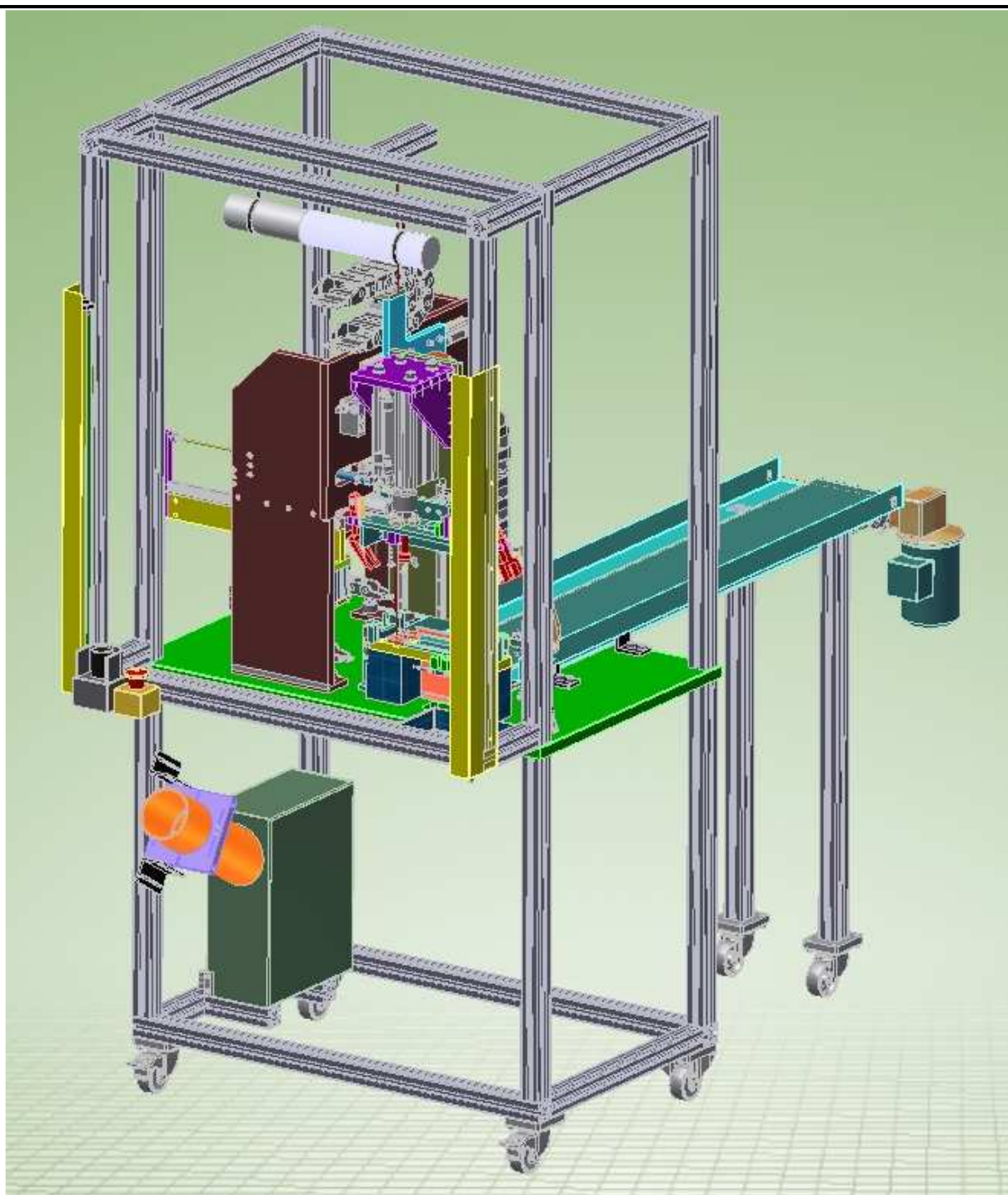
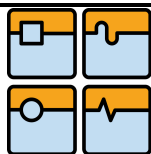
### 4.1. Použitá zařízení:

Podle požadavku zákazníka a nabídky učiněné manažerem projektu jsem zvolil pro vybavení stroje tato zařízení:

- Bezpečnost je zajišťována krytváním průhledným makrolonem. Přístupový otvor pro operátora je vybaven bezpečnostní optickou závorou. Tato slouží i jako spouštěcí element.
- Pneumatické pohony od firmy SMC.
- Úpravna vzduchu a ventilový terminál od firmy FESTO
- Lisování závitové vložky probíhá za studena. Je realizováno pomocí pneumatického válce s dostatečnou silou
- Manipulátor je součástí lisovací konzole stroje

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 32
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

- Zásobník na IO kusy je dopravníkový pás.
- Snímače a bezpečnostní závora jsou od firmy SICK
- Kolečka pro manipulaci se strojem od firmy Blickle
- Lineární vedení na stroji od firmy HIWIN
- Odměřování míry zalisování pomocí analogového snímače firmy Novotechnik
- Hliníkové profily od firmy Bosch Rexroth
- Osvětlení od firmy Bosch Rexroth

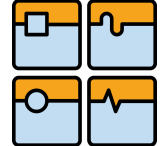


Obr. 24 Model stroje

#### 4.2. Základní stavba stroje

Vnější rozměr stroje je (Š. x HL. x V.) - 1000 mm x 600 mm x 2500 mm  
Rám je sestaven z hliníkových profilů, na kterých je upevněna základní deska stroje. Ta slouží jako hlavní nosná konstrukce pro pracovní konzoli a dopravník. Podle zvyklostí ve firmě je tato vyrobena z duralu - AlMg4,5Mn0,7.



	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 34
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Stroj je postaven na 6 kolečkách přičemž kolečka nejbližší obsluze jsou otočná vybavená brzdou. Kolečka v zadní části stroje jsou pevná a kolečka na podpěrách dopravníku jsou otočná bez brzdy [13].

Ve spodní části stroje je umístěna skříň elektrického rozvaděče a deska s ovládacími pneumatickými prvky.

Bezpečnost stroje zajišťuje krytování nebezpečných míst stroje, optická bezpečnostní závora, označení nebezpečných míst a poučení operátora.

Dále je na rámu upevněno osvětlení stroje.

Výška místa zakládání je 1050mm kvůli ergonomii pracoviště. Šířka pracovního prostoru je z ergonomického hlediska dostačující (minimální šířka je 600mm)

### 4.3. Konstrukce základacího lůžka

Pro konstrukci základacího lůžka bylo nejdříve potřeba vyhodnotit tvar adaptační desky, kliky a možný vliv lisování na tyto elementy.

Těleso kliky je z tvrdého netvárného plasu dovolujícího jen minimální pružení. Je vybaveno dvěma táhli a pružinami. V tomto tělese je již vložka zalisována z předchozí operace. Na jedné straně, tam kde je již vložka zalisována, jsou zacvakávací zobáčky. Tyto jsou nízké a protáhlé.

Při kompletaci adaptační desky s klikou operátory tyto zasadí na své místo a při dalších činnostech stroje se s nimi již nic dále neděje.

Na druhém konci, jsou předlity dvě protáhlé díry. Tato část kliky je důležitá, jelikož zde bude probíhat kompletace a nad ní lisování.

Dále je klika vybavena otočně pohyblivým madlem. Toto madlo je pohledová plocha a musí být chráněno před poškozením. Je sice výkyvné do stran, ale jeho středění zajišťují pružina na klíce. Tím je zajištěna jeho polohy vůči zbytku kliky.

Adaptační deska je z pevného ohebného plastu. Je třeba rozlišovat pravou a levou kliku. Tyto kliky jsou k sobě zrcadlové. Jelikož vnější tvar této desky je dosti nepravidelný bylo třeba vyhledat společné plochy pravé a levé kliky. Za tyto plochy se deska ustavuje do dané pozice.

Na konci, kde se lisuje závitová vložka, je vytvořen nálipek s otvorem pro tuto vložku. Dále je zde umístěn zacvakávací pružný prvek, který slouží jako dotlačovací člen působící na těleso kliky. Naproti tomuto jsou umístěny dva malé vystouplé zobáčky, které se při kompletaci zasouvají do děr na klíce.

Při kompletaci je třeba stlačit proti sobě těleso kliky a adaptační desku. Tím dojde k zacvaknutí do sebe a dotlačovací zobáček zajistí vzájemnou polohu desky a kliky.

Základem lůžka je nosná deska z duralu. Na této desce jsou umístěny prvky pro zajištění polohy adaptační desky a kliky. Tyto prvky jsou z oceli kvůli otěru a vymačkávání duralu v důsledku působení lisu a vkládání a vyjímání klik. Některé tyto prvky mají kromě poziční funkce i funkci naváděcí.

Tento naváděcí prvek nebyl na původním návrhu stroje. Byl přidán až při rozšiřování stroje o kompletační mechanismus. Při kompletaci je třeba zajistit, aby se na počátku adaptační deska posunula vůči klíce a zaujala přesnou pozici. To je posun k levé straně lůžka a nadzvednutí konce adaptační desky. Při kompletaci je tato opět stažena zpět.



Zaoblené součástky lůžka souží k navedení pohledové části kliky. Tyto jsou vyrobeny z měkkého plastu aby povrch kliky nepoškrábali. V levé části lůžka, kde při práci stroje probíhá lisování je naváděcí trn. Na tento trn se nasadí otvor pro závitovou vložku v adaptační desce. Trn je odpružený a vlivem zatlačování vložky je zasouván do nosné desky. Je umístěn v kluzných pouzdrech a zespodu podložen pružinou.

Dále je lůžko osazeno výškově nastavitelnými držáky pro snímače.

Pro snímání jsou použity tři optické laserové závory. Tyto sledují jak přítomnost kusu, tak jejich kombinace sepnutí sledují pozici adaptační desky vůči klice. Pro tento účel jsem zvolil laserové snímače WS/WE100L-F2131 firmy SICK. Optické snímače s jiným zdrojem světla (např. LED) by pro tuto aplikaci nebyly vhodné kvůli rozptylu světla. Ikdyž je tento rozptyl velmi malý bylo třeba sledovat co nejpřesněji pozici dílů, obzvláště kliky, kde mezi špatnou a dobrou pozicí je rozdíl méně než jeden milimetr. Alternativou k tomuto snímači byly snímače řady W2, které mají oproti řadě W100 menší zástavbové rozměry, nebo snímače řady W9, které mají lepší optické vlastnosti. Ovšem řada W100 byla pro tuto aplikaci dostačující i vzhledem k tomu že je levnější než tyto alternativy.

Parametry snímače [8]:

- jednocestná optická závora
- rozsah snímání: 0- 30m
- Druh světla: viditelné červené světlo
- Spínací výstup: PNP
- Způsob spínání: Na světlo/tmu - manuálně volitelné
- Způsob připojení: Konektor M8, 3 piny
- Krytí: IP65

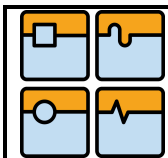


Obr. 25 Snímač WS/WE100L-F2131 [8]

V levé části lůžka je nalepena odrazová fólie pro snímač rozlišující pravý a levý kus. Proti této odrazové fólii je na rámu umístěn snímač WL100L-F2131. jedná se o reflexní optickou závoru.

Parametry snímače

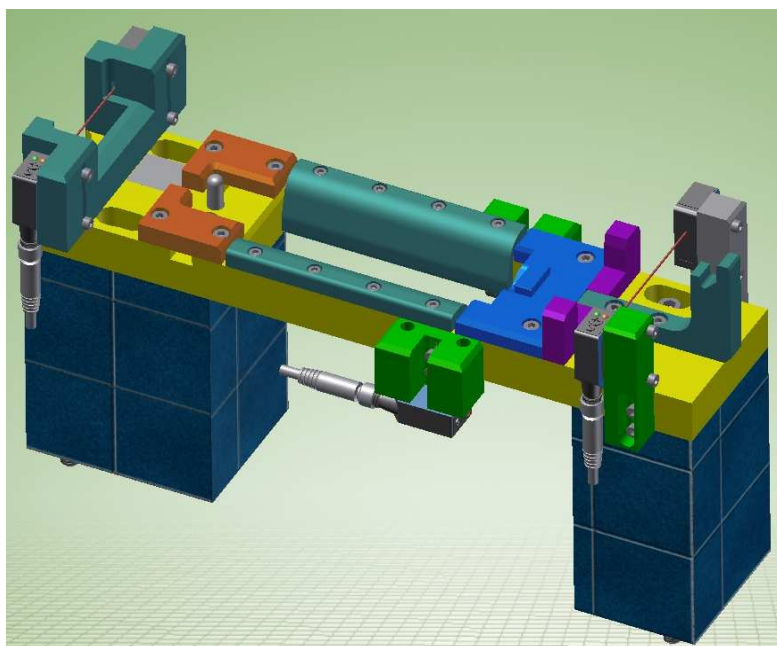
- Reflexní optická závora
- Rozsah snímání: 0,08 - 12m
- Druh světla: Laser
- Spínací výstup: PNP
- Způsob spínání: Na světlo/tmu - manuálně volitelné
- Způsob připojení: Konektor M8, 3 piny
- Krytí: IP65



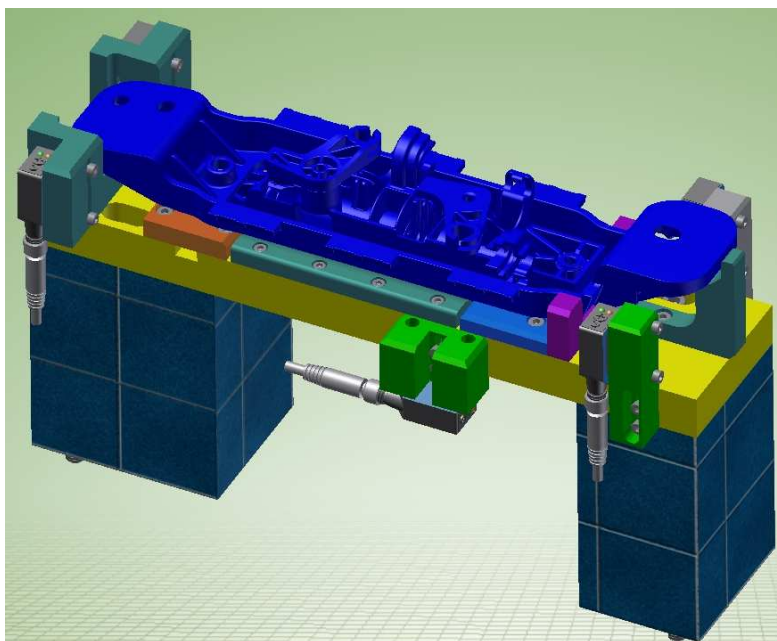
## DIPLOMOVÁ PRÁCE

Nosné nohy jsou vyrobeny z oceli. Levá noha je rozšířena až pod místo lisování. Je v ní umístěna pružina vytlačující středící trn.

Oproti zadání neobsahuje zakládací lůžko upínací mechanismus. Zajištění polohy kompletu kliky v lůžku je realizováno přítlaky na lisovací konzole. Ale při vyhodnocení NIO kusu není možno stroj spustit dokud není prohozen do zmetkovníku.



Obr. 26 Zakládací lůžko pro kliku

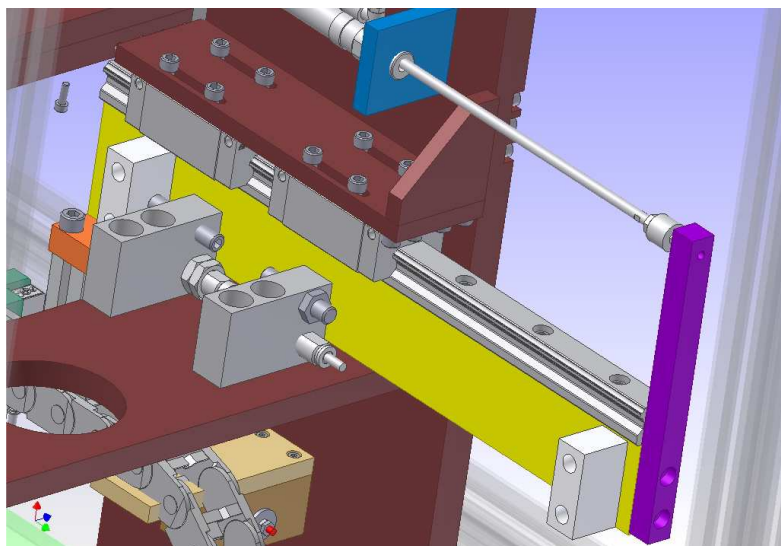


Obr. 27 Zakládací lůžko s vloženým kusem

#### 4.4. Kompletační mechanismus

Je to výsuvná konzole umístěná na hlavní nosné konzoli. Tento mechanismus slouží k zacvaknutí adaptační desky a kliky dohromady.

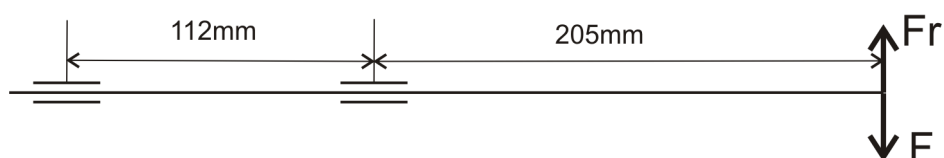
V původním návrhu stroje tento mechanismus nebyl zakomponován, jelikož v původním zadání nebyl požadován. Byl přidán až v průběhu konstrukčního návrhu stroje a to v čase, kdy už byl návrh hotov. Proto je jeho konstrukce jen navázána na původní model. Upravování celého pracovního prostoru kvůli přidání tohoto mechanismu a jeho prostorová optimalizace do původního rozměru stroje by kladla velmi zvýšené nároky na zdroje jelikož by bylo potřeba většinu stroje přemodelovat. Proto bylo se zákazníkem dohodnuto rozšíření stroje. Tím bylo možno přidat tuto konzoli za minimálních změn na již navrhnutém mechanismu.



Obr. 28 Kompletační konzola

Hlavním pracovním prvkem tohoto mechanismu je pneumatický válec firmy SMC CDQ2A50-25D - Je to kompaktní válec o průřezu 50mm a zdvihu 25mm. Na tento válec jsou umístěny 2 magnetické snímače polohy - D-H7A2SAPC- jsou to třívodičové snímače pro montáž na pásek, výstup snímačů je PNP. Tyto snímače sledují polohu pístnice s magnetem. Když se k nim přiblíží na určitou vzdálenost sepnou. Tento válec je připevněn na pohyblivé konzoli.

Tato pojíždí ven z pod-hlavní konzole a zpět. Pracovní poloha této konzole je když je vysunuta. Je zavěšena na dvou kuličkových vozíčkách firmy HIWIN HGL25. Tyto jsou upevněny nepohyblivě na nosné konzoli. Na kompletační konzoli je upevněna kolejnice HGR25 [9].



Obr. 29 Zobrazení lineárního vedení kompletační konzole

Výpočet životnosti vozíčků je uveden v příloze. Pro zjednodušení jsem návrh prováděl jen pro jeden vozíček. Z tohoto důvodu vychází životnost vozíčku velmi předimenzovaná, ale při výpočtu statické bezpečnosti je vyhovující a při použití menšího vozíčku by nevyhověl.

Pohyb konzole do pracovní polohy a zpět zajišťuje pneumatický válec CD85F16-200-B. Jedná se o standardní válcový válec s možností odměřování (tzn. Na pístnici je magnet). Tento válec neobsahuje drážku pro upevnění snímače a proto bylo nutno použít páskové držáky snímačů BM2-016. Jelikož tento válec zajišťuje pohyb na dlouhé dráze, jsou použity nepředepnuté vozíčky a není potřeba aby se konzole pohybovala s velkou přesností a k vyloučení nepřesností montáže a výroby je mezi válcem a upnutím do konzole umístěna kompenzační hlavice JA15-6-100. Tato zajišťuje vyrovnaní nesouososti pístnice a upevňovací díry [7].

Pro výpočet strojních časů dlouhých válců jsem použil výpočetní software firmy FESTO. Jelikož na tomto stroji jsou použity válce od firmy SMC a tato podobný program nenabízí zvolil jsem pro výpočet válce FESTO odpovídajících velikostí a tlumících charakteristik. Strojní časy všech krátkých válců, které mají zdvih do 25mm jsem nahradil celkovým časem 1s. Jelikož při tak krátkém pohybu se strojní časy těchto válců při tlaku 0,6MPa pohybují kolem 0,1s a tyto válce jsou na stroji celkem 4 z toho 2 se pohybují současně.

Válec CD85F16-200-B pro pohyb kompletační konzole vpřed a vzad jsem nahradil válcem DSNU-16-200-P-A [6]. Celý výpočet je v příloze.

#### Vstupní parametry:

Tlak vzduchu:	0,6MPa
Zdvih válce:	200mm
Pohybovaná hmotnost:	5kg
Délka hadice:	3m
Světlost hadice:	6mm

#### Výsledky :

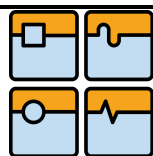
##### Zajetí válce do výchozí polohy

maximální rychlost válce:	0,487m/s
průměrná rychlost válce:	0,228m/s
celkový čas pro zajetí válce:	0,9s

Při zajetí válce do výchozí polohy dochází k překročení maximální zbytkové energie na víku válce. Z tohoto důvodu je zapotřebí použít tlumič rázů. Jinak by došlo k snížení životnosti válce.

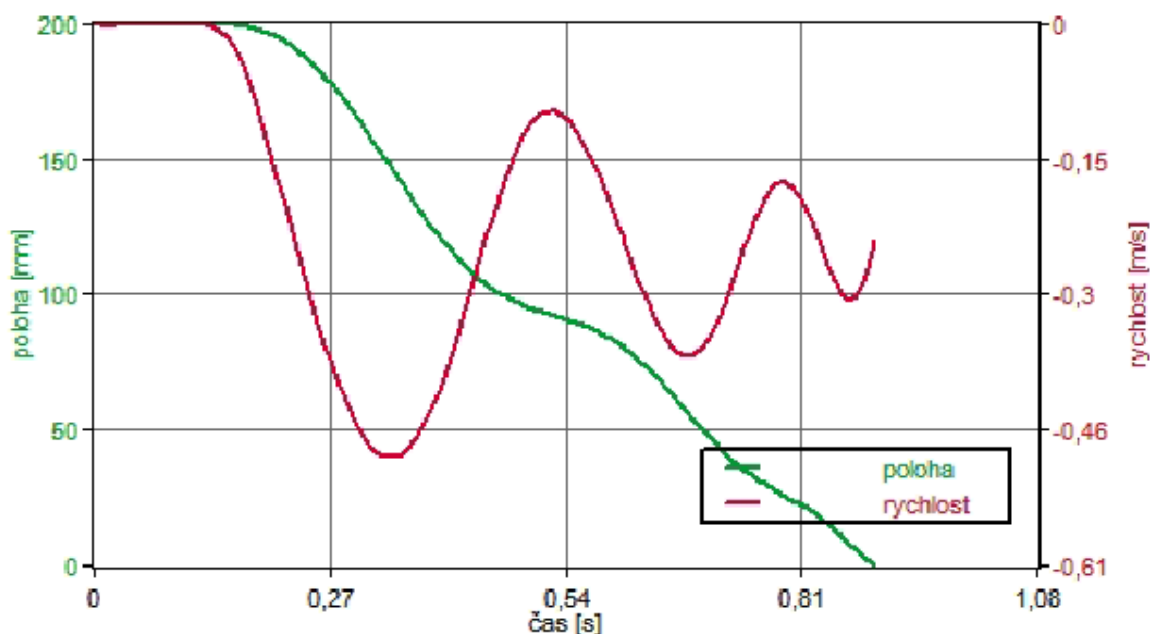
##### Vyjetí do pracovní polohy

maximální rychlost válce:	0,542 m/s
průměrná rychlost válce:	0,315m/s
celkový čas pro vyjetí válce:	0,6s

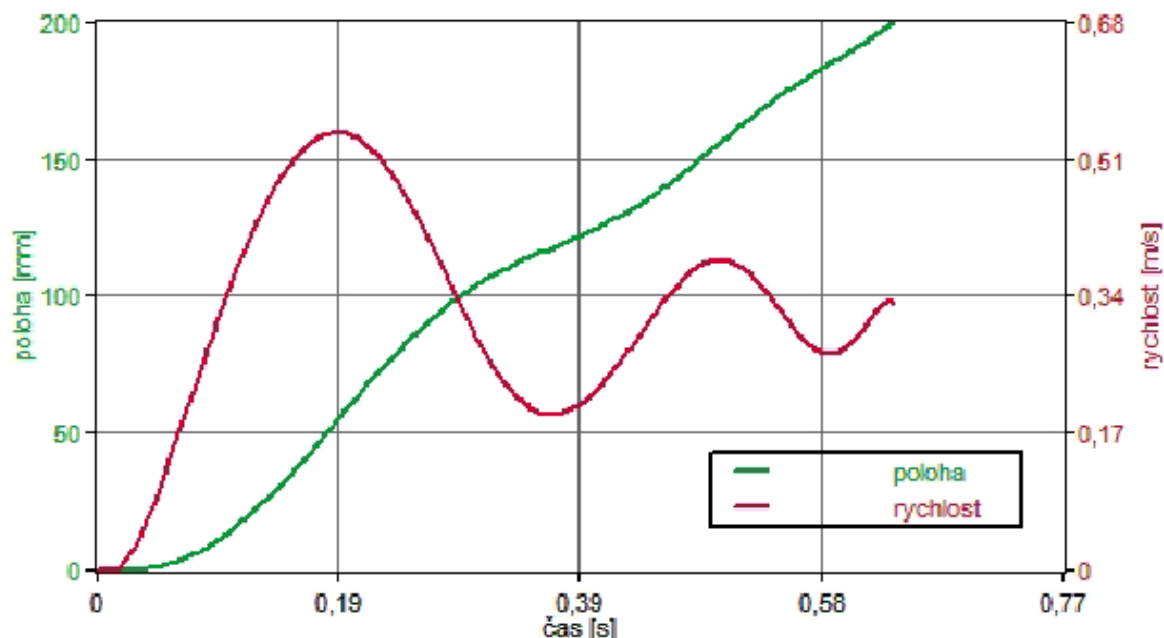


## DIPLOMOVÁ PRÁCE

Při zasetí válce do výchozí polohy dochází k překročení maximální zbytkové energie na víku válce. Z tohoto důvodu je zapotřebí použít tlumič rázů. Jinak by došlo k snížení životnosti válce. Znáznornění pohybu v grafu je na obrázcích 30 a 31.



Obr. 30 Graf závislosti polohy válce a rychlosti na čase při zasouvání



Obr. 31 Graf závislosti polohy válce a rychlosti na čase při vysouvání

Celý výstup výpočetního programu je v příloze

Jelikož konzole koná dlouhý pohyb s hmotou kolem 3 kg za velmi krátký čas cca 1s. Nestačí k zastavování válce pouze vnitřní tlumení. Bylo třeba použít hydraulické tlumiče rázů. Zvolil jsem 2 tlumiče RB1412. Tyto tlumiče mají k sobě přidružený

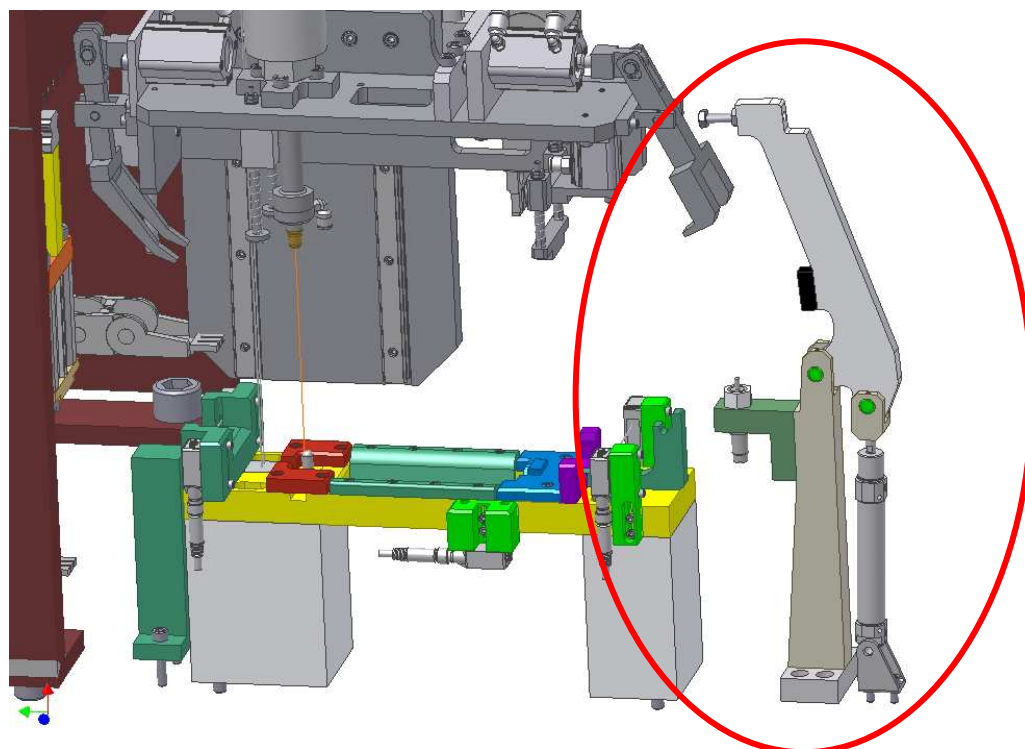


stavěcí šrouby sloužící jako dorazy. Proti tlumičům bylo nutno umístit kalené dorazové kameny, aby nedocházelo k vymačkávání materiálu vlivem nárazů.

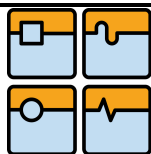
Pro správnou kompletaci adaptační desky a kliky bylo třeba zajisti i jejich přesnou pozici vůči sobě. Což vzhledem k nutnému pohybu adaptační desky při kompletaci - při stlačení adaptační desky proti klice se tato posune směrem doleva - nebylo možno udělat staticky. Proto je na pracovním konci konzole, podvěšen pod kompletačním válcem, mechanismus s kluzným vedením firmy KAJO B10-8x45KU, pružinou a dorazovým terčíkem. Při vyjetí nosné konzole přitlačí tento mechanismus adaptační desku směrem doprava. Díky tvarovému prvku na lůžku dojde i k jejímu mírnému nadzvednutí na jednom konci. Tím je dosažen správný úhel pro kompletaci - zaskočení zobáčku adaptační desky do kliky. Při kompletaci je adaptační deska opět stažena do správné pozice, proti síle pružiny.

V průběhu záběhu stroje u zákazníka se s tímto mechanismem vyskytl problém a to ten, že u některých kusů při nedbalém založení docházelo k lámání zobáčku na tělese kliky. Toto bylo způsobeno rychlým najetím kompletační konzole a tím vzniklým silným rázem do adaptační desky. Ta jeho vlivem nadskočila na tvarovém prvku lůžka a vylomila se z kliky.

Řešením problému bylo přidání přitlačného ramene na druhý konec lůžka (obr. 32). Pohání jej válec CD85N16-50C-B o průřezu 16mm a zdvihu 50mm, který je na stejné pneumatické větvi jako kompletační konzole. Jelikož je jeho zdvih menší než pojezd konzole dojde k přitlačení dříve než k rázu od pružného přitlaku. Tím je potlačeno nadskočení adaptační desky. Tento mechanismus, je také vybaven tlumičem rázů a to typem RB1007. Na konci přitlačného ramene mechanismu je odpružený šroub. Výpočet strojního času jsem neprováděl, jelikož tento válec je na stejné pneumatické větvi jako CD85F16-200-B [7]. Ovšem jeho zdvih je menší. Z toho vyplývá že na celkový strojní čas nemá vliv.

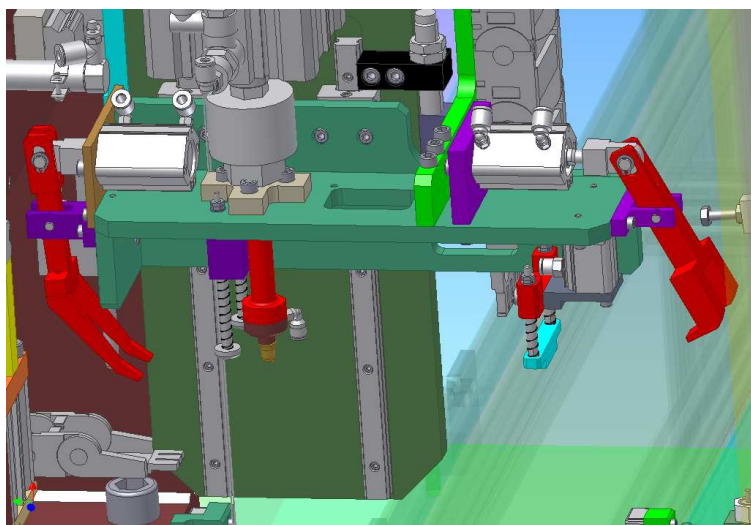


Obr. 32 Přitlačné rameno



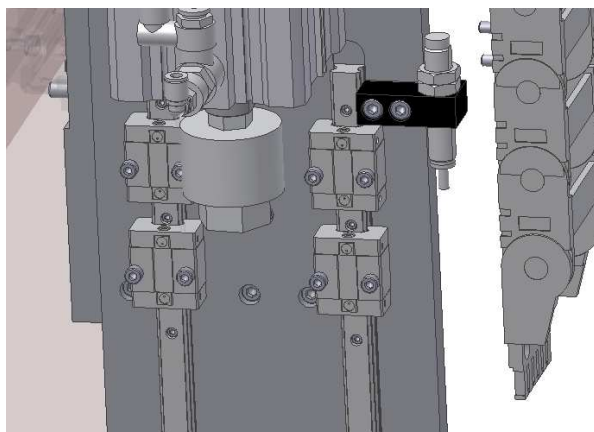
#### 4.5. Lisovací konzole

Lisovací konzole (obr. 33) je hlavní pracovní součástí stroje. Je na ní umístěn lisovací trn, uchopovací mechanismus, odměřovací snímač hloubky zalisování a válec pro označování IO kusů. V původním návrhu byl na této konzoli umístěn i snímač pro rozlišení pravého/levého kusu. Ovšem tento koncept se nelíbil zákazníkovi, jelikož k rozlišování docházelo až uprostřed pracovního cyklu po kompletaci adaptační desky s klikou a najetí lisovací konzole do pracovní pozice. Proto byl tento přemístěn na rám stroje, přímo nad lůžko.



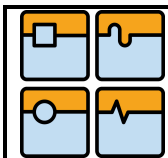
Obr. 33 Lisovací konzole

Samotná konzole se skládá ze tří ocelových desek spojených šrouby. Původně jsem zamýšlel konzoli udělat svařovanou, ale nakonec jsem zvolil šroubovanou variantu, aby byl stroj podobný s mechanismem na přidružené stanici. Na horní části této konzole je připojovací člen k lisovacímu válci. Mezi válcem a tímto připojovacím členem je našroubována kompenzační hlavice. Toto umožňuje pohyb pístnice vůči konzoli a kompenzuje mírné nepřesnosti v rovnoběžnosti vedení a osy válce.



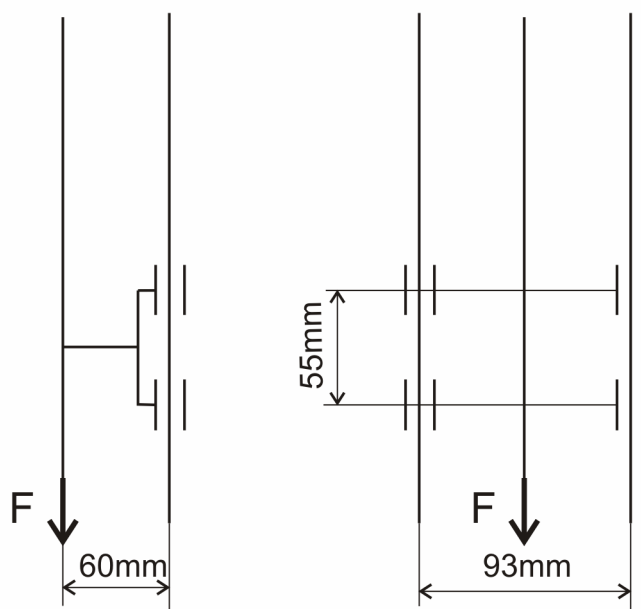
Obr. 34 Rozmístění vozíčků lisovací konzole

Dále je konzole upevněna na čtyřech vozíčkách od firmy HIWIN. Jsou to vozíčky QE15SA [9]. Zvolil jsem nejmenší vozíčky v řadě, jelikož bylo třeba jen dobře držet



## DIPLOMOVÁ PRÁCE

konzoli proti vybočení, nikoliv přenášet velké síly či momenty. Osa lisovacího válce působí skrze konzoli na lisovací trn a je shodná s jeho osou.



Obr. 35 Zatížení lisovací konzole

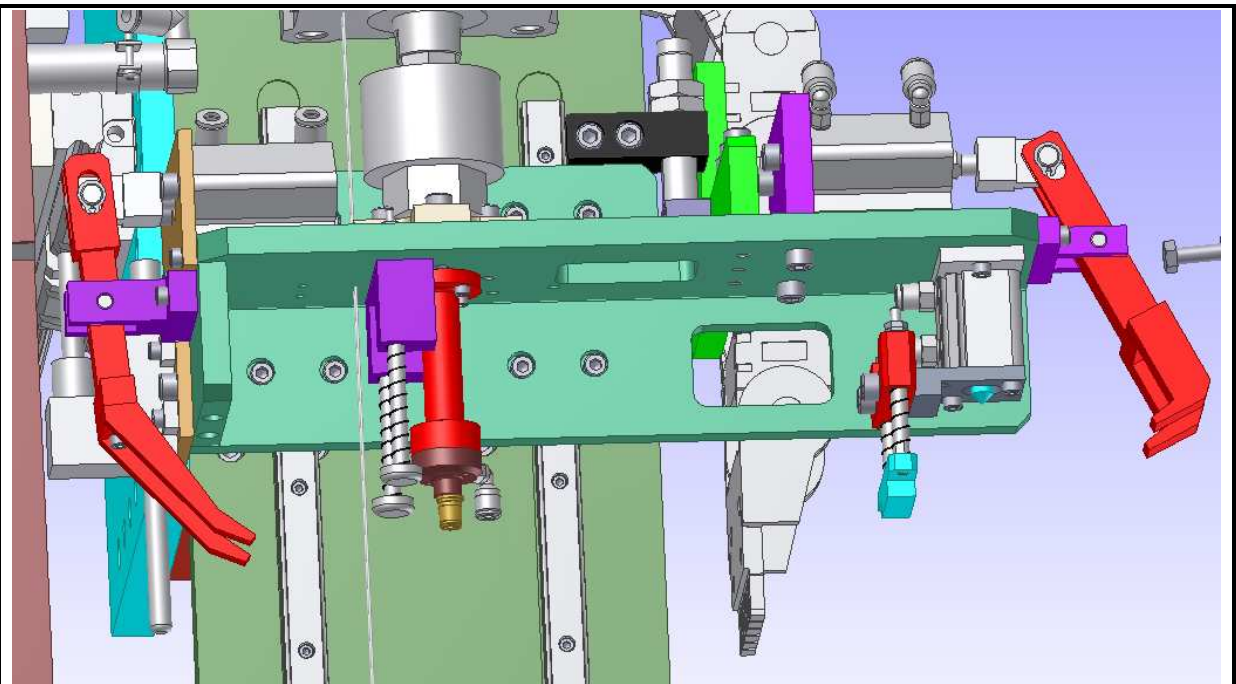
Výpočty životnosti a zatížení tohoto vedení jsou v příloze.

Životnost vozíčků je jen 10080 h, což by například pro ložiska bylo nedostačující, ale jelikož se jedná o lineární vedení, které je v provozu jen 2,5 s za jeden cyklus je minimální životnost vozíčku při dvousměnném provozu a 5 denním pracovním týdnem 4333h. Z toho vyplývá, že vozíček vydrží v provozu 2,3 roku.

Lisovací trn, jak již bylo zmíněno, je umístěn v ose válce na spodní straně konzole v ose lisování (obr. 36). Je tvořen třemi částmi: opěrnou částí pro trn, opěrnou částí pro závitovou vložku a trnem. Opěrná část pro trn má v sobě vytvořeno kruhové vybrání pro přesnou pozici trnu. Je vyrobena z konstrukční oceli. Opěrná část pro závitovou vložku je z ušlechtlejší oceli s nitridovaným povrchem. Na jedné straně této části je vytvořeno oplošení a závit. Skrze tento závit a k němu do pravého úhlu jsou navrtány kanálky o průměru 0,5 mm. Do závitu je našroubováno šroubení QSML-M5-4[6]. Tyto kanálky s pneumatickým šroubením jsou napojeny přes vzduchový filtr na vývěvu a podtlakové čidlo. Když operátor vstoupí do bezpečnostní závory, spustí se cyklus nasávání vzduchu skrze vývěvu. Po založení závitové vložky na trn dojde ke zvýšení podtlaku ve větví a sepnutí snímače. Tím je vložka detekována.

Skrze tuto opěrnou část prochází trn, který je sevřen mezi oběma opěrnými částmi. Díky tvarovým prvkům, při založení závitové vložky, je tato středěna a zároveň fixována v poloze.





Obr. 36 Vybavení lisovací konzole

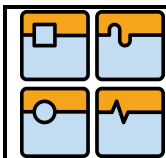
Jelikož je třeba aby se adaptační deska a těleso kliky proti sobě nepohybovali, nebo jen minimálně, při procesu lisování, jsou vedle lisovacího trnu umístěna dvě válcová vedení s kluznými ložisky firmy Kajo B10-6x10KU a v nich jezdí dva přítlačné válečky (obr. 36). Mezi vedením a koncovou hlavicí válečku jsou pružiny. Při lisování nejdříve dojde k upnutí adaptační desky proti klice a lůžku a teprve potom dojde trn do pozice, kde se začíná lisovat. V průběhu funkčních testů a záběhu stroje se s tímto přitlakem vyskytli drobné problémy, a to že při dotlačení adaptační desky ji mírně posunul. Bylo to způsobeno tím že nebylo možno přitlaky, kvůli omezení prostorem, umístit do pozice, aby tlačily v nejnižší ploše. Tím docházelo k mírnému nadzvedávání adaptační desky. Tento problém byl odstraněn přidáním dalšího páru přitlaků na druhý konec lisovací konzole pod označovací válec.

Další funkcí těchto přitlaků je stažení zkompleťované kliky z lisovacího trnu při uvolňování na zásobníkový pás.

Na levé straně je umístěn analogový snímač firmy Novotechnik TRS-25 ke kontrole míry zalisování. Při sjíždění lisovací konzole je akční člen tohoto snímače zatlačován proti desce a odporově je měřena hloubka tohoto zatlačení (obr. 36 za levou vidlici manipulátoru) [11].

Na pravé straně lisovací konzole, vespod, je umístěn válec CDQ2G16-5DZ. Je to kompaktní válec o průměru 16mm a zdvihu 5mm. I když je zdvih toho válce velmi malý, je pro jeho funkci dostačující. Tento válec slouží k označení OK kusu. K označení dojde vysunutím ostrého trnu našroubovaného v pístnici proti adaptační desce. Tím se vytvoří značka (důlek) a kus je označen. Pozice tohoto válce je snímána dvěma snímači D-F8PL - miniaturní snímač do kruhové drážky, třívodičový, spínací výstup PNP. Toto provedení jsem zvolil kvůli malému rozměru válce a omezenému prostoru okolo něj [7].

Posledním mechanismem na lisovací konzoly jsou uchopovací mechanismus. Tento se skládá ze dvou válců CDQ2A20-20DCMZ. Jsou to kompaktní válce s průřezem 20mm a se zdvihem 20mm. Jsou vybaveny koncovkou I-G02. Je to vidlice k našroubování na pístnici - standardní volitelné příslušenství k válci. S jednotlivými



## DIPLOMOVÁ PRÁCE

úchopovými vidlicemi je spojen přes čep. Tento čep při pohybu válce dopředu a zpět jezdí v drážce v úchopové vidlici. Úchopové vidlice jsou navrženy jako dvojzvrtné páky, kde jeden konec je spojen s válcem a druhý je opatřen tvarovým prvkem k uchopení kompletní kliky. Tím, že se vysunou příslušné válce dojde k sevření vidlic, potažmo při zasunutí k otevření. Pro převod přímočarého pohybu na rotační slouží čep pohybující se v drážce. (obr. 36 po stranách konzole)

Pravá vidlice má jednoduchý tvar a skládá se z jednoho kusu. Levá vidlice je tvarována složitěji, a proto musí být dělená. Její tvar je dán vzdáleností místa úchopu desky a omezením prostoru z levé strany hlavní nosnou konzolí.

K lisovací konzoli je připojen lisovací válec. Při volbě tohoto válce jsem vycházel ze zkušeností kolegy, který projektoval přidružený stroj. Jelikož není změřen přetvárný odpor materiálu při jeho deformaci vlivem zalisovávání vložky, začínal jsem s volbou na minimálním průřezu válce 63 mm. Jelikož na přidruženém stroji je závitová vložka lisována do kliky vyrobené z jiného, křehčího, druhu plastu, zvolil jsem pro lisování válec CDQ2A80-150DC. Je to válec s průměrem 80mm a zdvihem 150mm. Tento válec lisuje maximální silou 3016N [7].

V průběhu testování stroje a výroby prvních kusů se zjistilo, že ani tato síla někdy nemusí být dostačující pro správné zalisování. Ovšem to bylo způsobeno použitím jiných než předepsaných závitových vložek - měli mít podélné drážkování. A také nepřesnými prvními kusy adaptačních desek - ty měli předlitý užší otvor pro závitové vložky.

Tento problém již na správných kusech adaptačních desek nenastával.

Pro výpočet jsem válec CDQ2A80-150DC pro pohyb lisovací konzole a hlavní lisovací zdvih nahradil válcem DSBC-80-150-PA-N3 [6]. Celý postup výpočtu je v příloze.

**Vstupní parametry:**

Tlak vzduchu:	0,6MPa
Zdvih válce:	150mm
Pohybovaná hmotnost:	10kg
Délka hadice:	3m
Světlost hadice:	6mm

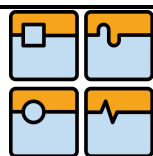
**Výsledky:****Zajetí válce do výchozí polohy**

maximální rychlost válce:	0,303m/s
průměrná rychlost válce:	0,227m/s
celkový čas pro zajetí válce:	0,67s

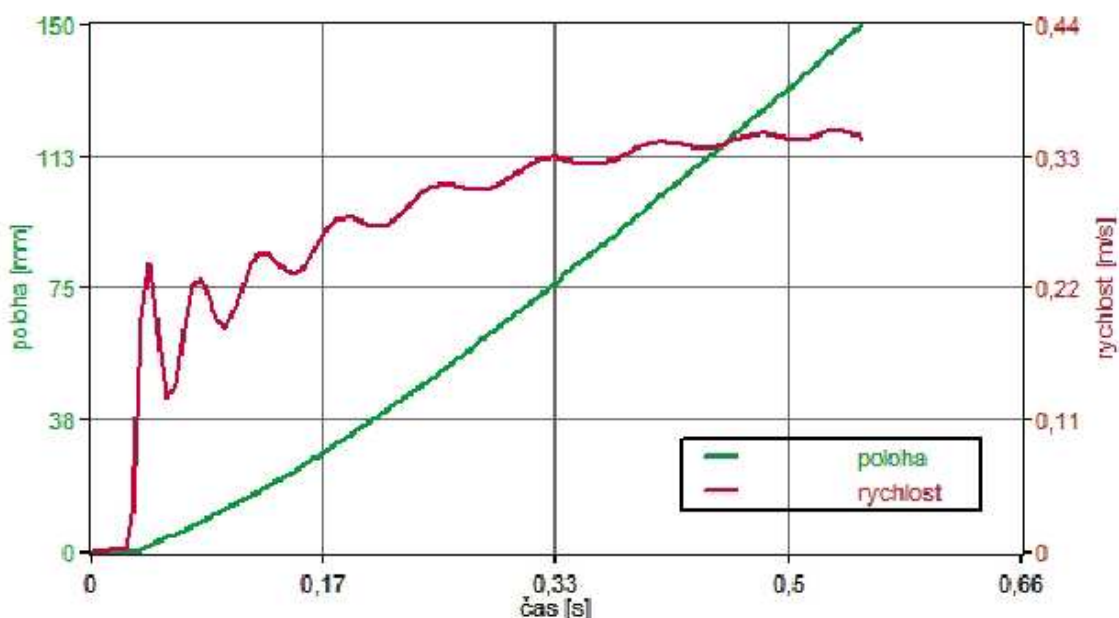
Jelikož zvolený válec od SMC nemá tlumení koncových poloh bylo nutno umístit tlumič rázů do horní polohy

**Vyjetí do pracovní polohy**

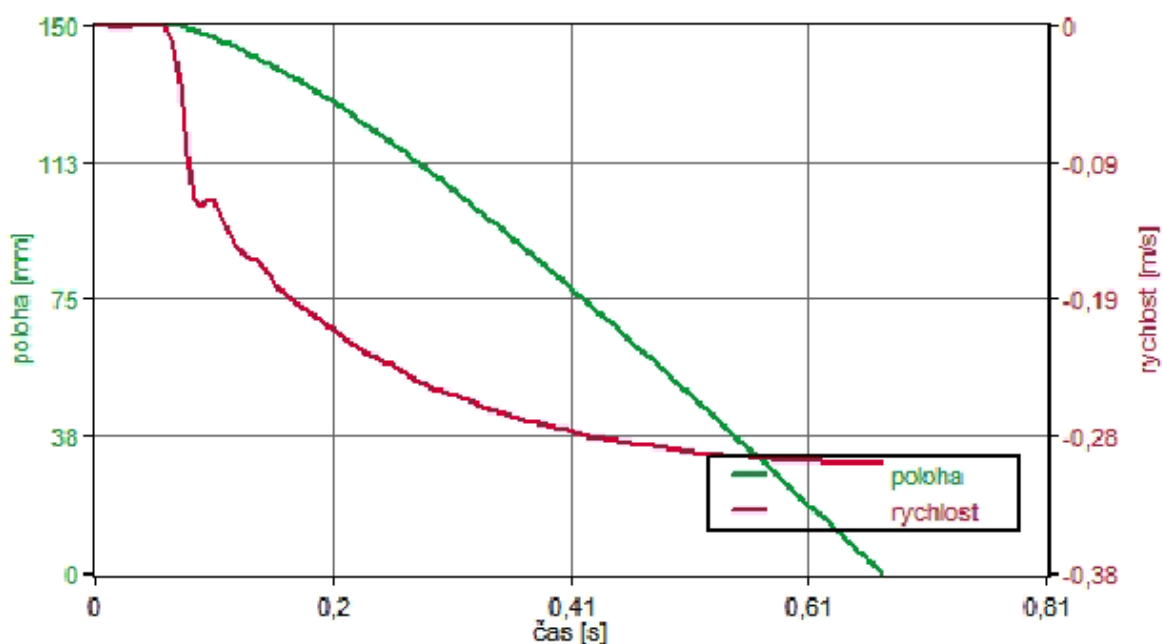
maximální rychlost válce:	0,349 m/s
průměrná rychlost válce:	0,274m/s
celkový čas pro vyjetí válce:	0,55s



Grafy popisující pohyb pístnice ve válci obr. 37 a obr. 38.



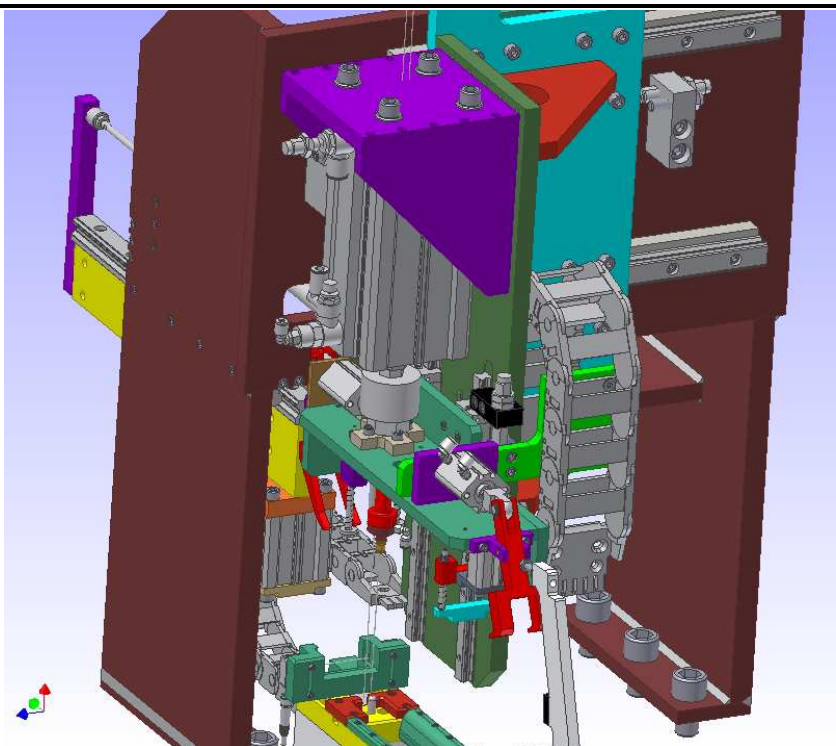
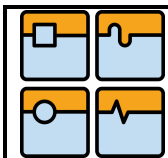
Obr. 37 Graf závislosti polohy válce a rychlosti na čase při vysouvání



Obr. 38 Graf závislosti polohy válce a rychlosti na čase při zasouvání

Celý výstup výpočetního softwaru je v příloze

Lisovací válec s lisovací konzolí jsou zavěšeny na mechanismu manipulátoru a jsou i jeho součástí. Tento manipulátor se skládá ze dvou dvojic kolejnic, dvou posuvových válců a uchopovacích vidlic. Účelem tohoto manipulátoru je odebrat OK kus z lůžka a přenést jej na pásový zásobník. Manipulátor pracuje v rovině YZ stroje. Na ose X leží šířka stroje, na osy Y hloubka a na ose Z výška stroje.



Obr. 39 Manipulátor

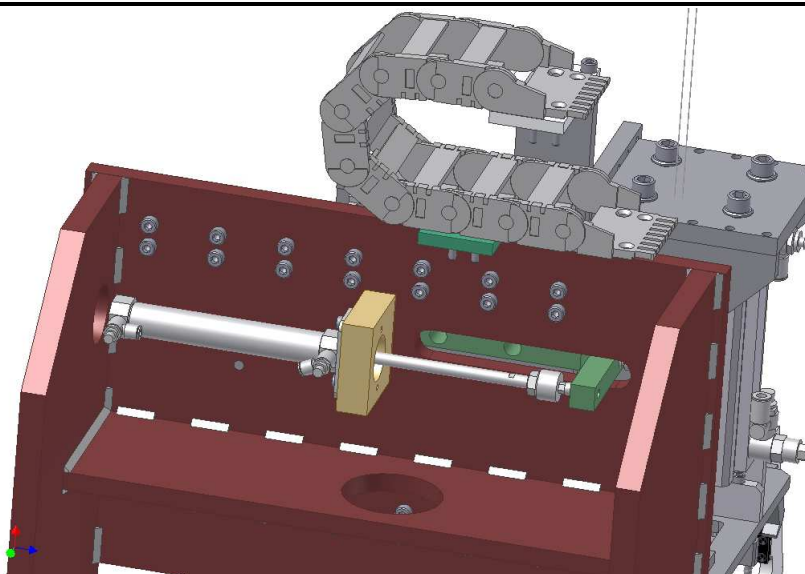
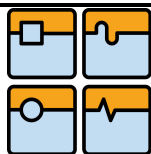
Dále uvolňuje prostor pro vyjetí kompletační konzole takže na počátku každého cyklu lisování závitového pouzdra je v zadní pozici.

V ose Z je tento manipulátor poháněn již zmíněným lisovacím válcem. Tento válec po zalisování pouzdra a uchopení kompletního kusu vidlicemi zvedne opět celou lisovací konzoli nahoru.

Jelikož tento lisovací válec nemá vnitřní tlumení, bylo zapotřebí do horní pozice vyjetí konzole umístit tlumič rázů RB1412, aby se zvýšila životnost válce.

V ose Y je manipulátor poháněn pneumatickým válcem CD85F25-125-B. Je to válec průměru 25mm a zdvihu 125mm. Posuv tohoto válce je omezen přes závěsnou konzoli na, které je umístěn lisovací mechanismus. Pro omezení pohybu konzole slouží dva tlumiče rázů RB1412 s přidruženými dorazy [7]. Pomocí těchto dorazů a tlumičů je možno nastavit koncové polohy pojezdu do přesných pozic. Toto je velmi důležité kvůli přesnosti lisování vložky.

Pro výpočet jsem válec CD85F25-125 pro pohyb konzole manipulátoru vpřed a vzad nahradil válcem DSNU-25-125-P-A[6].



Obr. 40 Pohybový válec manipulátoru

**Vstupní parametry:**

Tlak vzduchu:	0,6MPa
Zdvih válce:	125mm
Pohybovaná hmotnost:	45kg
Délka hadice:	3m
Světlost hadice:	6mm

**Výsledky:****Zajetí válce do výchozí polohy**

maximální rychlost válce:	0,204 m/s
průměrná rychlost válce:	0,088m/s
celkový čas pro zajetí válce:	1,5s

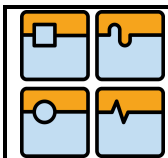
**Vyjetí do pracovní polohy**

maximální rychlost válce:	0,260 m/s
průměrná rychlost válce:	0,130m/s
celkový čas pro vyjetí válce:	1s

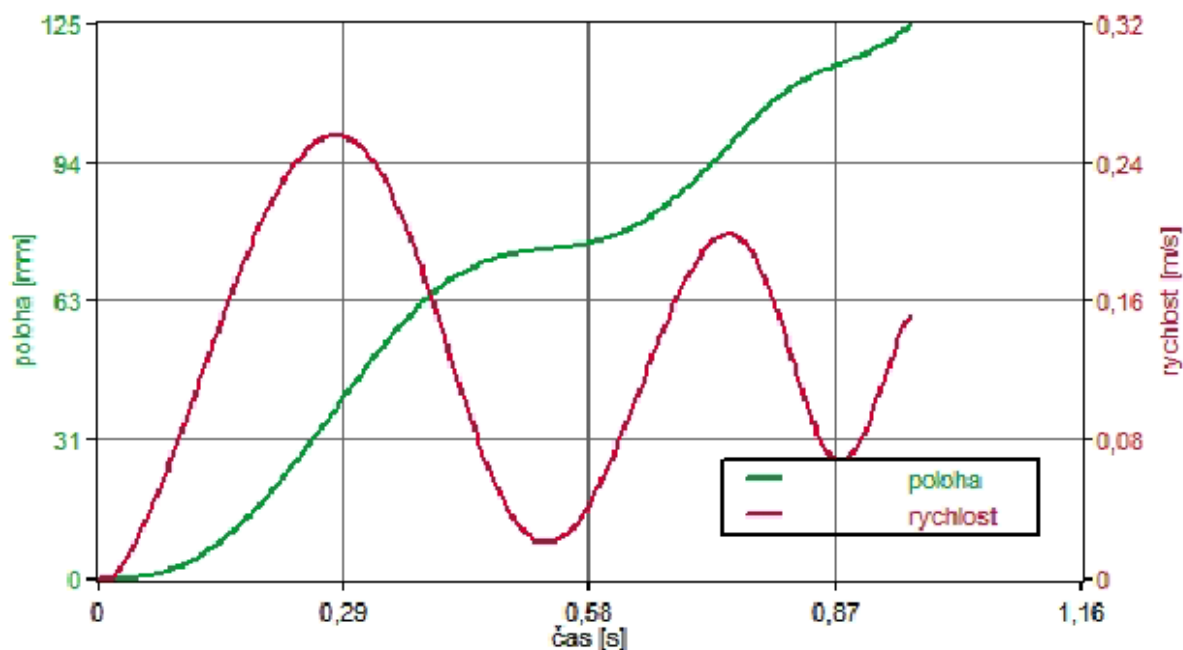
Při zajetí válce do výchozí polohy dochází k překročení maximální zbytkové energie na víku válce. Z tohoto důvodu je zapotřebí použít tlumič rázů. Jinak by došlo k snížení životnosti válce.

Grafy popisující pohyb pístnice ve válci obr. 41 a obr. 42.

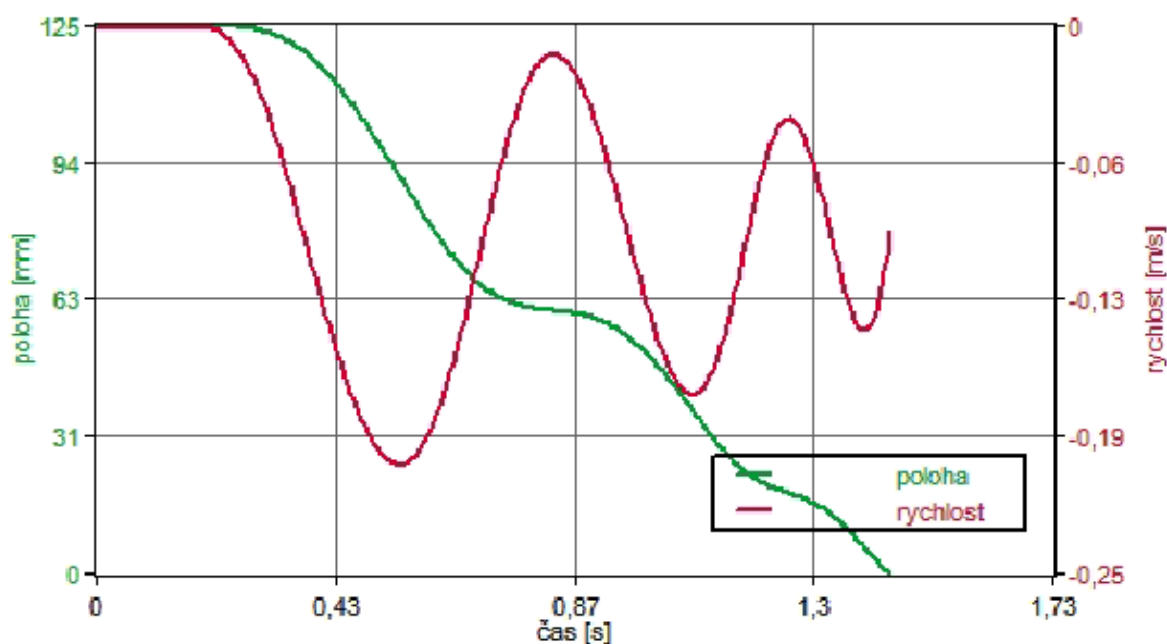




## DIPLOMOVÁ PRÁCE



Obr. 41 Graf závislosti polohy válce a rychlosti na čase při vysouvání

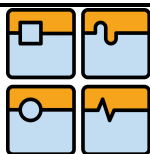


Obr. 42 Graf závislosti polohy válce a rychlosti na čase při zasouvání

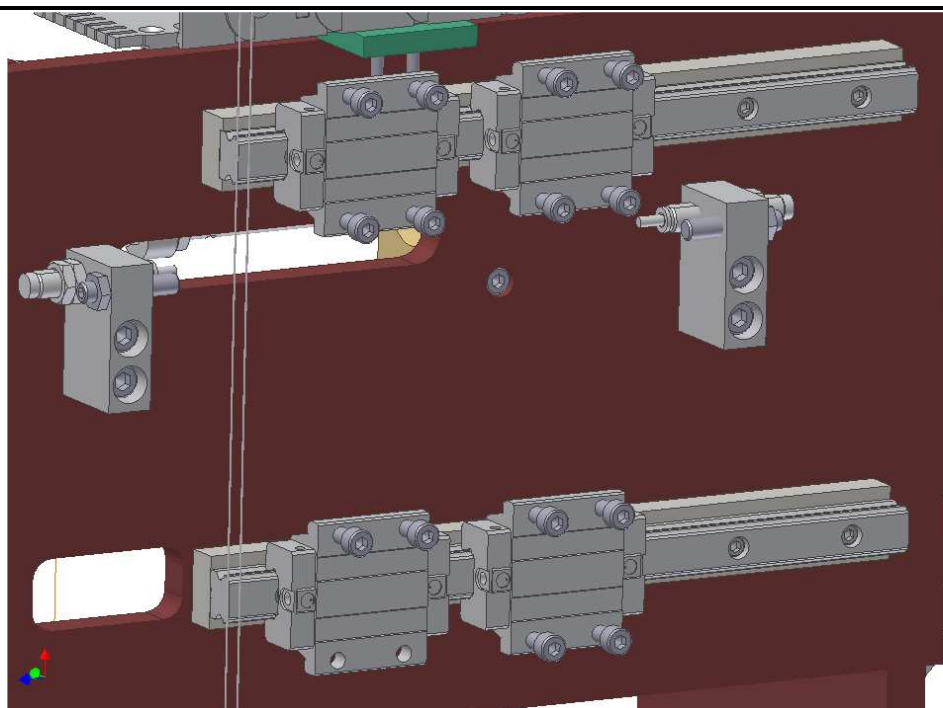
Celý výstup výpočetního softwaru je v příloze

Složení osy Z manipulátoru bylo již popsáno dříve. Osa Y se skládá z pohybového válce, kuličkového vedení firmy HIWIN QEW25CA s kolejnici QER25 a závěsné konzole. Vedení QEW25CA s příslušnou kolejnici bylo zvoleno, jelikož má velkou únosnost v momentu[9].



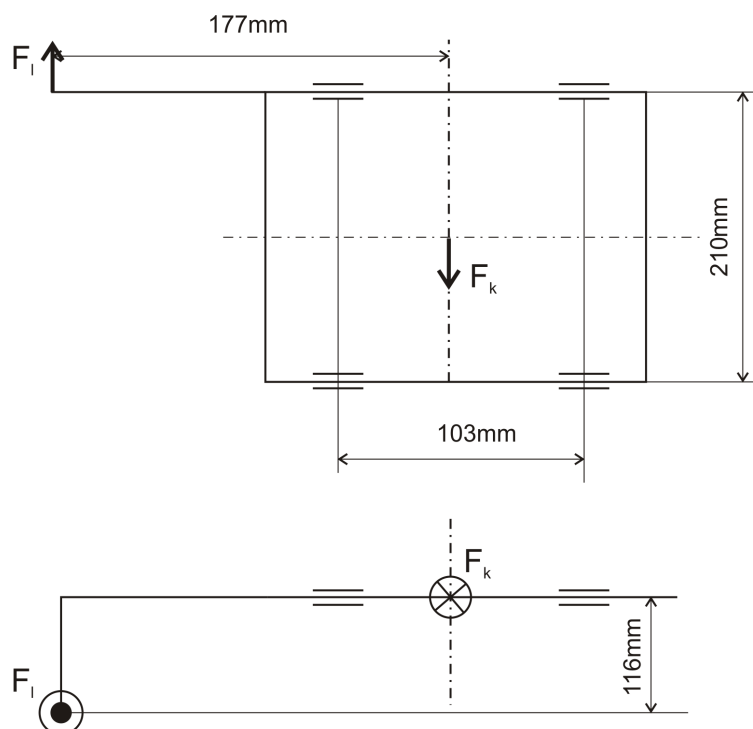


## DIPLOMOVÁ PRÁCE



Obr. 43 Rozmístění vozíčků manipulátoru

Vedení je vybaveno čtyřmi vozíčky. Na každé ze dvou kolejnic jsou umístěny dva. Tato konzole je vyrobena z ocelových desek spojených šrouby. Opět jsem se při návrhu snažil připodobnit konzoli přidruženému stroji kde jsou konzole šroubované.



Obr. 44 zobrazení zatížení manipulátoru

Výpočty životnosti a zatížení tohoto vedení jsou v příloze. Životnost tohoto vedení je 21600h což je vyhovující.

Celý tento manipulační mechanismus je zavěšen na Hlavní nosné konzoli stroje. Tato konzole je na rozdíl od ostatních svařovaná, a to kvůli zajištění kolmostí ploch pro zavěšení manipulátoru a ploch pro připojení k desce stolu stroje. Tyto plochy byly po svaření a žíhání konzole obrobeny.

Součástí manipulátoru je i zásobníkový pás. Je to obyčejný pásový dopravník poháněný asynchronním motorem. V původním návrhu stroje byl zásobníkem IO kusů skluz s vedeními. Na přání zákazníka byl do stroje zabudován pásový dopravník dodaný zákazníkem. Tento dopravník je do rámu upevněn pohonem vně stroje. Toto řešení jsem zvolil kvůli směru pohybu na dopravníku a napínání pásu. Pokud by byl motor umístěn uvnitř stroje, při pohybu by byla horní část pásu, na které jsou umístěny IO kusy tlačena. To by nebylo pro životnost pásu a pohonu vhodné. Ovšem umístěním motoru vně stroje vzniklo potenciálně nebezpečné místo a toto se muselo zohlednit při analýze rizik stroje.

Také se umístěním pohonu vně stroje přesunuto těžiště stroje a ten by se vlivem například neopatrného pohybu mohl stát nestabilním. Proto jsem umístil pod tento dopravník v blízkosti motoru dvě podpěry z hliníkových profilů, kvůli manipulaci se strojem vybavené pojezdovými otočnými kolečky.

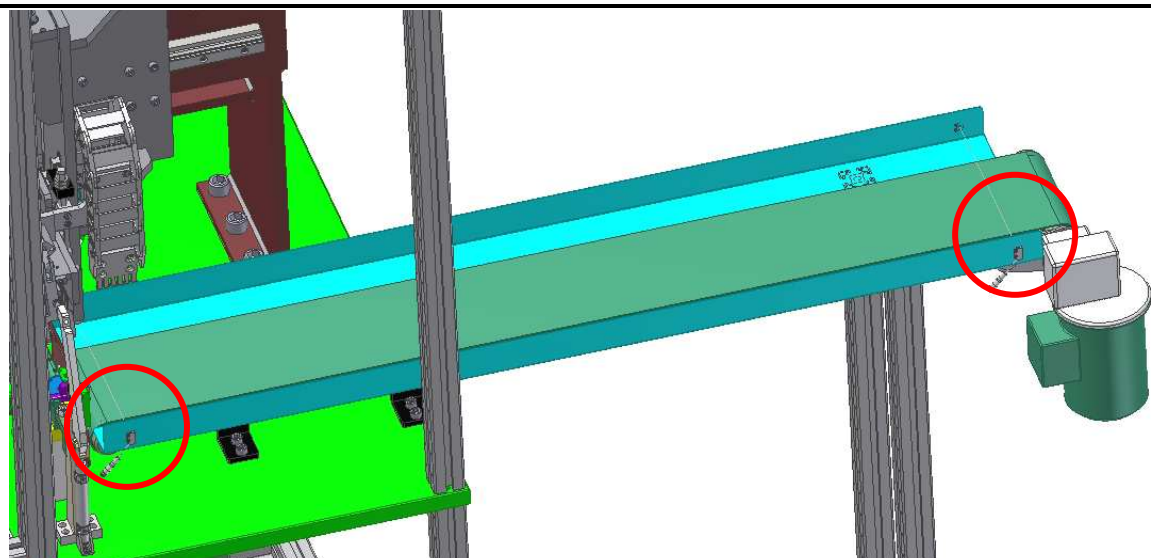
Jelikož je tento dopravník užší než adaptační deska (téměř poloviční její délce), bylo nutno umístit kolem dopravníku dva vodící plechy, které zabraňují spadnutí OK kusu na zem. Tyto jsou vyrobeny z nerezové oceli.

Pro správnou funkci zásobníku bylo nutno detekovat odložení kusu a naplnění zásobníku. Toto obstarávají dvě optické závory firmy SICK WS/WE2F-F410. Jsou to miniaturní snímače v plochém provedení[8].

- Jednocestná optická závora
- Druh světla: LED
- Spínací výstup: PNP
- Způsob spínání: Na tmě
- Způsob připojení: kabel s konektorem M8, 4 piny
- Krytí: IP67

Sice při šířce zásobníku přes 300mm je šířka paprsku světla tohoto snímače 30mm, ale toto nevadí, jelikož není třeba detekovat přesné místo, ale jen přerušení zdroje světla.

Při sepnutí prvního snímače se spustí pojezd pásu který je časově omezen. Pokud při tomto pojezdu dojde k přerušení druhé závory, je obsluze oznámeno, že je zásobník naplněn.



Obr. 45 Zásobník na 10 kusy

#### 4.6. Celkový strojní čas:

##### Pracovní časy válců a operátora:

CD85F16-200-B: zajištění:  $t_{1z}=0,9s$   
vyjetí:  $t_{1v}=0,6s$

CD85F25-125: zajištění:  $t_{2z}=1,5s$   
vyjetí:  $t_{2v}=1s$

CDQ2A80-150DC: zajištění:  $t_{3z}=0,7s$   
vyjetí:  $t_{3v}=0,55s$

Na stroji jsou jen čtyři válce označené jako malé (válce pro uchopení vidlicemi, kompletační válec a označovací válec). Jejich zdvihy vzhledem k jejich průměru jsou velmi malé a válce pohybující vidlicemi pracují současně. Z tohoto důvodu jsem celkový pracovní čas všech těchto válců nahradil jedním časem.

Součet časů malých válců:  $t_m=1s$

Válec CD85N16-50C-B je na stejné pneumatické větvi jako válec pro vysunutí kompletační konzole, ale jeho zdvih je mnohem menší. Jelikož tyto dva válce pracují současně neprojevuje se pracovní čas tohoto válce na celkovém pracovním času stroje.

Čas práce operátora:  $t_o=5s$

**Celkový čas:**  $\sum t = t_{1z} + t_{1v} + t_{2z} + t_{2v} + t_{3z} + t_{3v} + t_m + t_o = 11,25 s$

Tento čas je ovšem jen teoretický. Lze jej měnit nastavením škrtkových ventilů. Při větším otevření ventilů bude i vyšší rychlost pohybů válců a nižší takt stroje. Další faktor který může ovlivnit takt stroje je nastavení redukčních ventilů. Nejzásadnějším

prvkem zpomalujícím práci stroje je operátor. Ovšem i zde je možno snížit čas. A to postupným zaučením operátora na stroj a eliminováním zbytečných pohybů.

#### 4.7. Ostatní součásti stroje

Tyto součásti nejsou hlavními pracovními prvky stroje, nicméně jsou pro chod stroje také důležité. Slouží jako zdroje pracovního média, ovládací prvky, zásobníky, zdroje elektrické energie.

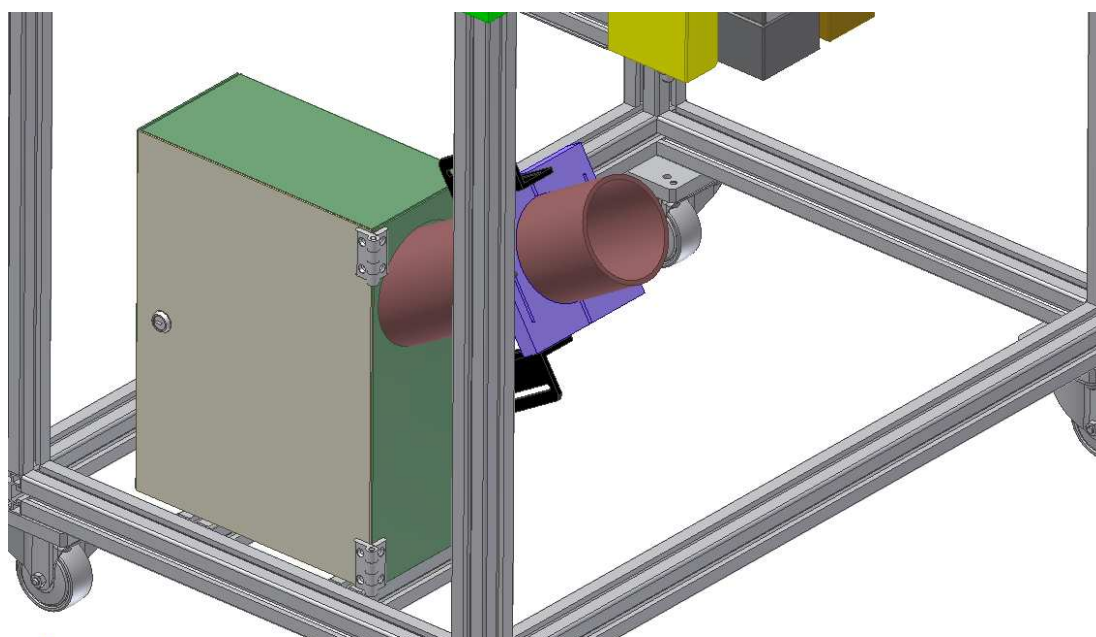
##### 4.7.1. Zásobník na NIO kusy - Zmetkovník

Je to krabice svařená z nerezové oceli s jednou stranou otevírací. Tudy se odebírají NIO kusy. Zmetkovník musí být uzamykatelný, čímž je zajištěno, aby nebyly NIO kusy smíchány s IO kusy. Klíč od zmetkovníku má obsluha k tomu určená, obvykle kontrolní pracovník. Do zmetkovníku vede skluz pro vhazování NIO kusů. Tento je tvořen PVC trubkou. Tato trubka je připevněna k rámu duralovou kostkou. Na této kostce je umístěn snímač prohození NIO kusu. Je to jednocestná optická závora WS/WE2S-E113[8].

Parametry snímače

- Jednocestná optická závora
- Druh světla: LED
- Způsob snímání : Na tmu
- Způsob připojení: kabel s konektorem M8, 3 piny
- Krytí: IP67

Standardní značení zmetkovníku na stroji je červená barva. Proto je polepen červenou fólií.



Obr. 46 Zmetkovník

#### 4.7.2. Ostatní pneumatické vybavení

Pro přivedení vzduchu do stroje slouží zjednodušená úpravna od firmy FESTO. Tato obsahuje pouze ruční ovládací ventil, elektrický ventil a tlakové čidlo. Standardní úpravna by byla vybavena ještě redukčním ventilem a filtrem, popřípadě pokud by bylo nutno mazáním. Ovšem tato zjednodušená úpravna pro tento stroj stačí, jelikož se nejedná o samostatnou stanici nýbrž přidruženou stanici. Velká úpravna obsahující všechny zmíněné prvky je umístěna na přidružené stanici.

Na desce, kde je upevněna úpravna, je upevněn i ventilový terminál 34P-MS8-D-UE4AE3A-6GKLL+TMCK [6].

Je to terminál řady MPA-L. Tento terminál obsahuje:

- multipólový konektor - 44 pinů, 32 adres
- Hlavní připojení vzduchu
- 6 ventilů 5/3 se střední polohou uzavřenou
- 2 ventily 3/2
- 2 prázdné pozice jako rezervy

Dále jsou na této desce upevněny 2 redukční ventily IR1020-F01. Tyto slouží k regulaci tlaku lisovacího válce a válce. U těchto je nutno ovládat tlak nezávisle na dalším vybavení stroje. Tyto redukční ventily jsou vybaveny analogovým manometrem. Nejsou vybaveny zpětným ventilem. Z tohoto důvodu bylo nutno rozvod vzduchu dovybavit zpětnými ventily ve větvi obcházející tyto ventily [7].

Nakonec je každý válec vybaven škrtkovými ventily pro regulaci průtoku vzduchu na výstupu z válce.

Rozvod vzduchu po stroji je tvořen hadicemi od firmy FESTO. Průměry použitých hadic jsou:

- 10mm - rozvod vzduchu od rychlospojky pro připojení k přidruženému stroji k úpravně a rozvod od úpravny k ventilovému terminálu.
- 8mm - rozvod vzduchu k lisovacímu válci
- 6mm - rozvod vzduchu k pohybovým válcům a k válci kompletování
- 4mm - rozvod vzduchu k značicímu válci

Tyto hadice jsou kalibrovány na vnější průměr.

Celková spotřeba vzduchu :

Pro výpočet spotřeby vzduchu jsem použil výpočetní program firmy FESTO.

#### Vstupní parametry:

Typ válce: dvojčinný

Průřezy válců: 16mm  
20mm  
25mm  
50mm  
80mm

Délka hadic: 3000mm  
400mm

průřezy hadic: 8mm  
6mm

Pro výpočet jsem použil předpoklad 3 cyklů stroje za minutu. Při spočtení celkového pracovního času stroje 11,25s je počet cyklů 5 za minutu. Toto ovlivní jen celkovou spotřebu za minutu, nikoliv spotřebu za jeden cyklus.

Celková spotřeba stroje za jeden cyklus:

Spotřeba vzduchu v hadicích:

hadice průměru 6mm a délky 3000mm:  $SH_{63000}=0.5089$  l/zdvih

hadice průměru 6mm a délky 400mm:  $SH_{6400}=0.0679$  l/zdvih

hadice průměru 8mm a délky 3000mm:  $SH_{83000}=0.9048$  l/zdvih

Počet hadic:

hadice průměru 6mm a délky 3000mm: 8

hadice průměru 6mm a délky 400mm: 2

hadice průměru 8mm a délky 3000mm: 6

Spotřeba vzduchu ve válcích:

CDQ2G16-5DZ:  $SV_{165}=0,0131$  l/cyklus

CD85F16-200-B:  $SV_{16200}=0,5234$  l/cyklus

CD85N16-50C-B:  $SV_{1650}=0,1308$  l/cyklus

-válec je na stejné větvi jako CD85F16-200-B

CDQ2A20-20DCMZ:  $SV_{2020}=0,0809$  l/cyklus

-válce jsou na stroji dva na jedné větvi

CD85F25-125-B:  $SV_{25125}=0,7903$  l/cyklus

CDQ2A50-25D:  $SV_{5025}=0,5058$  l/cyklus

CDQ2A80-150DC:  $SV_{80150}=10,0403$  l/cyklus

-vykoná dva cykly za jeden cyklus stroje

Celková spotřeba:

$$\sum SV = SV_{165} + SV_{16200} + SV_{1650} + 2 \cdot SV_{2020} + SV_{25125} + SV_{5025} + 2 \cdot SV_{80150} = 22,2058 \text{ l}$$

$$\sum SH = 8 \cdot SH_{63000} + 2 \cdot SH_{6400} + 6 \cdot SH_{83000} = 9,6358 \text{ l}$$

$$\sum SH + \sum SV = 31,8416 \text{ l}$$

Celková spotřeba stroje na jeden cyklus je 31,8416 l vzduchu.

Celková spotřeba stroje za minutu je 160 l vzduchu.

Celková spotřeba stroje za hodinu je 9553 l vzduchu.

Celková spotřeba stroje za osmihodinovou směnu je 76420 l ( $0,76\text{m}^3$ ) vzduchu.

Pneumatické schéma je v příloze.

#### 4.7.3. Elektro-vybavení

Stroj je vybaven elektro-rozvaděčem. V tomto jsou umístěny prvky pro zpracování silové elektřiny, ovládací relé bezpečnosti, PLC jednotka, vstupové karty, výstupy pro ovládání. Stroj není vybaven ovládacím panelem. Ten je sdílen s přidruženým strojem a je v něm nahrán i ovládací program tohoto stroje. Datové připojení stroje je realizováno pomocí průmyslové sběrnice PROFI-BUS.



## 5. Analýza rizik

Nejdříve je nutno vyhodnotit rizika na stroji a jejich závažnost.

Druh a závažnost možnosti zranění:

- |                                |  |
|--------------------------------|--|
| - Poranění elektrickým proudem | - Možnost smrtelného zranění                 |
| - Tepelné zranění              | - Možnost lehkého zranění                    |
| - Naražení pohybem konzole     | - Možnost lehkého až středně těžkého zranění |
| - Zmáčknutí                    | - Možnost středně těžkého až těžkého zranění |
| - Střížení                     | - Možnost středně těžkého až těžkého zranění |
| - Naražení do části stroje     | - Možnost lehkého zranění                    |
| - Zranění o ostré hrany        | - Možnost povrchového až lehkého zranění     |

Potenciální četnost vystavení obsluhy riziku zranění:

- |                                |          |
|--------------------------------|----------|
| - Poranění elektrickým proudem | - časté  |
| - Tepelné zranění              | - zřídka |
| - Naražení pohybem konzole     | - časté  |
| - Zmáčknutí                    | - časté  |
| - Naražení do části stroje     | - zřídka |
| - Zranění o ostré hrany        | - časté  |

Nebezpečná místa stroje:

Elektro-rozvaděč

Pracovní prostor stroje

Dopravníkový zásobník stroje

### Prostorové rozmístění rizik na stroji

- |   |   |
|---|---|
| - Riziko poranění elektrickým proudem - | Nebezpečnou oblastí je elektro-rozvaděč stroje a elektromotor pro pohon dopravníkového zásobníku a přívod elektřiny k těmto zařízením. Ostatní elektrické prvky na stroji - snímače, ventily, úpravna vzduchu - jsou ovládány bezpečným napětím do 24V. |
| - Tepelné poranění -                    | Nebezpečnou oblastí je elektromotor pohánějící dopravníkový zásobník. Potenciálně nebezpečné mohou být i pneumatické válce.   |
| - Naražení pohybem konzole -            | Nebezpečnou oblastí je pracovní prostor stroje. Pohybují se zde konzole kompletační lisovací a konzole dopravníku.  |
| - Zmáčknutí -                           | Nebezpečnou oblastí jsou pohyby konzol proti pevné překážce - dorazy, tlumiče.  |

- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Střížení -</li> <li>- Naražení do části stroje</li> <li>- Zranění o ostré hrany</li> </ul> | <p>Další nebezpečná oblast je pohyb lisu proti zakládacímu lůžku.</p> <p>Nebezpečnou oblastí jsou pohyby konzol míjející statickou část stroje.</p> <p>Nebezpečnou oblastí jsou části vyčnívající ze stroje tzn. zásobníkový dopravník a vyčnívající část rámu</p> <p>Nebezpečnou oblastí je pracovní prostor stroje v okolí lůžka a bočnice dopravníkového zásobníku</p> |
|---|---|

Číselně vyjádřená analýza rizik, podle norem, je obsažena v příloze

### 5.1. Bezpečnostní opatření

Po provedení analýzy rizik byla přijata tato bezpečnostní opatření k zajištění bezpečnosti obsluhy:

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Riziko poranění elektrickým proudem</li> <li>- Tepelné zranění</li> <li>- Naražení</li> <li>- Zmáčknutí</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Všechny kabely vedoucí proud mají dostatečnou izolaci</li> <li>- Všechna přístupná elektrická připojení mají dostatečnou izolaci</li> <li>- Rozvod elektřiny je umístěn v rozvodné skříni vybavené zámkem na klíč</li> <li>- Na rozvodné skříni je upevněn hlavní vypínač</li> <li>- Na vstupu napájecího proudu je proudový jistič</li> <li>- Obsluha poučena o riziku, kontrastní barevné označení nebezpečného místa - motoru dopravníku, krytování pracovního prostoru stroje, otevřená strana pracovního prostoru zabezpečena bezpečnostní závorou</li> <li>- Obsluha poučena o riziku, krytování pracovního prostoru stroje, otevřená strana pracovního prostoru zabezpečena bezpečnostní závorou, označení nebezpečného místa pomocí kontrastní barvy</li> <li>- Obsluha poučena o riziku, krytování pracovního prostoru stroje, otevřená strana pracovního prostoru zabezpečena bezpečnostní závorou, označení</li> </ul> |
|---|--|

	nebezpečného místa pomocí kontrastní barvy
- Střížení	- Obsluha poučena o riziku, krytování pracovního prostoru stroje, otevřená strana pracovního prostoru zabezpečena bezpečnostní závorou, označení nebezpečného místa pomocí kontrastní barvy
- Naražení do části stroje	- Obsluha poučena, vyčnívající části stroje označeny kontrastní barvou
- Zranění o ostré hrany	- Obsluha poučena, používání ochranných pomůcek, sražení hran
Výpočet bezpečné vzdálenosti pro použití optických bezpečnostních závor [8]:	
$S = K \times T + C$	
K=2000 mm/s	- rychlost přiblížení těla
T	- Doběh systému v sekundách
C	- doplňující vzdálenost v milimetrech, respektující vniknutí směrem k nebezpečnému prostoru dříve, než je ochranné zařízení uvedeno do činnosti.
Parametr C je závislý na rozlišení bezpečnostní světelné závory	
$C = 8 \times (d - 14)$	
d	- rozlišení závory, v mém případě 14 mm
Doběh celého systému se skládá ze dvou fází:	
$T = t_1 + t_2$	
Kde $t_1$ je maximální doba mezi uvedením funkce snímače do činnosti a výstupním signálem vypnutého stavu spínacích zařízení	
$t_2$ je maximální doba reakce, tj. doba požadovaná k zastavení stroje nebo odstranění rizik po obdržení výstupního signálu od ochranného zařízení.	
Pak:	
$t_1 = 20 \text{ ms} \dots$ pro závoru C4000	
$t_2 = t_{\text{ostrov}} + t_{\text{mech}}$	
$t_{\text{ostrov}} = 35 \text{ ms} \dots$ pro 5/3 ventily se střední polohou uzavřenou z ostrova	

$t_{\text{mech}} = 105 \text{ ms}$  – Jedná se o hrubý odhad. Závisí na seškrcení, délce hadic, přívodním tlaku, hmotnosti zátěže atd. Přesnou hodnotu je nutno zjistit měřením doběhu stroje.

$$S = 2000 ( 0,020 + 0,035 + 0,085 ) + 8 ( 14-14 ) = \mathbf{280\text{mm}}$$

Pro dostatečnou rezervu jsem bezpečnou vzdálenost od pohyblivých částí zvolil 300mm.

### 5.1.1. Zbytkové rizikové faktory

- možnost sjetí lisovací konzole při vypnutém stroji => zmáčknutí

Toto riziko nebylo možno ošetřit krytováním ani bezpečnostní závorou jelikož se jedná o neustálé riziko. Lisovací konzole může v důsledku uniku vzduchu z válce v rámci netěsností systému sjet dolů a způsobit zranění obsluhy, pokud by byla přítomna končetinou v pracovní části stroje. Toto riziko je co do četnosti mizivé, ale mohlo by způsobit až lehké zranění kvůli hmotnosti konzole.

Pro omezení tohoto rizika na nejnižší možnou míru byl do spodní pozice pneumatického válce na výstup přidám místo klasického škrťacího ventilu kombinovaný ventil se škrčením a řízeným zpětným ventilem. Tím pádem je možný jen minimální únik vzduchu z válce. Tento řízený zpětný ventil je spojen s horní přívodní vzduchovou větví. Takže, když je do horní větve přiveden tlak, ventil se otevře a potom člen funguje už jen jako škrťací ventil. Pokud není tlak přiveden chová se tento pneumatický člen jako zpětný uzavřený ventil.

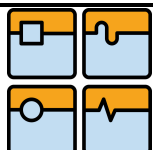
## 6. Závěr

V této práci jsem se zabýval konstrukcí stanice pro montáž závitových vložek do automobilových klik. Zvolil jsem konstrukci stanice složenou za rámu z extrudovaných hliníkových profilů, z několika pohyblivých konzolí, jednoduchého lineárního dvouosého manipulátoru a zásobníku na IO kusy tvořeného pásovým dopravníkem. Jako pohony konzolí a manipulátoru jsem zvolil pneumatické válce. Tyto dokáží pohybovat konzolami a manipulátorem relativně velkými rychlostmi. I přesto se mi nepodařilo dosáhnout požadovaného taktu stroje pod deset sekund. Toto bylo způsobeno požadavkem na přidání kompletační konzole na již hotový a vyhovující návrh. Ovšem tento nedostatek lze kompenzovat odlišným seřazením stroje než navrhovaným a zaučením operátora. Dále jsem se zabýval ostatním pneumatickým vybavením stroje a analýzou rizik.

Po provedení analýzy rizik na tomto stroji se mi podařilo minimalizovat riziko poranění obsluhy nebo poškození stroje při chybě operátora.

## 7. Seznam zdrojů

- [1] Böllhoff [online]. 2014 [cit. 21.5.2014] Dostupné z WWW:  
<[http://www.boellhoff.cz/cs/cz/montazni\\_systemy/amtec\\_vkladani\\_do\\_plastu.php](http://www.boellhoff.cz/cs/cz/montazni_systemy/amtec_vkladani_do_plastu.php)>
- [2] Spirol [online]. 2014 [cit. 21.5.2014] Dostupné z WWW:  
<<http://www.spirol.com/mkt/rs1.php?search=9>>
- [3] Ilya Leybovich, How to Install Threaded Inserts [online]. 2014 [cit. 21.5.2014] Dostupné z WWW: <<http://ezinearticles.com/?How-to-Install-Threaded-Inserts&id=1852278>>
- [4] Threaded insert [online]. 2014 [cit. 21.5.2014] Dostupné z WWW:  
<[http://en.wikipedia.org/wiki/Threaded\\_insert](http://en.wikipedia.org/wiki/Threaded_insert)>
- [5] Herbert Hänchen GmbH & Co. KG [online]. 2014 [cit. 21.5.2014] Dostupné z WWW: <[http://www.haenchen-hydraulic.com/mediarepo/hydraulic\\_cylinders\\_en.pdf](http://www.haenchen-hydraulic.com/mediarepo/hydraulic_cylinders_en.pdf)>
- [6] Festo [online]. 2014 [cit. 21.5.2014] Dostupné z WWW:  
<[http://www.festo.com/cms/cs\\_cz/index.htm](http://www.festo.com/cms/cs_cz/index.htm)>
- [7] SMC [online]. 2014 [cit. 21.5.2014] Dostupné z WWW:<  
[http://www.smc.eu/portal/WebContent/main/index.jsp?lang=en&ctry=EU&is\\_main=yes](http://www.smc.eu/portal/WebContent/main/index.jsp?lang=en&ctry=EU&is_main=yes)>
- [8] Sick [online]. 2014 [cit. 21.5.2014] Dostupné z WWW: <<https://mysick.com/>>
- [9] Hiwin [online]. 2014 [cit. 21.5.2014]. Katalog\_Linearni\_vedeni. Dostupné z WWW:  
<<http://www.hiwin.cz/download/d400ebdd710ede5087226b5a4811c5ec>>
- [10] TGdrives [online]. 2014 [cit. 21.5.2014] Dostupné z WWW:  
<<http://www.tgdrives.cz/servomotory/servomotory-rady-tgn/>>
- [11] Novotechnik [online]. 2014 [cit. 21.5.2014] Dostupné z WWW:  
<<http://www.novotechnik.com/ls1/index.html>>
- [12] Bosch-Rexroth [online]. 2014 [cit. 21.5.2014] Dostupné z WWW:  
<[http://www.boschrexroth.cz/country\\_units/europe/czech\\_rep/cs/index.jsp](http://www.boschrexroth.cz/country_units/europe/czech_rep/cs/index.jsp)>
- [13] Blickle [online]. 2014 [cit. 21.5.2014] Dostupné z WWW:  
<<http://www.blickle.cz/cz/>>
- [14] Misumi [online]. 2014 [cit. 21.5.2014] Dostupné z WWW: <<http://www.misumi-europe.com/start.aspx?lang=CS>>
- [15] Kistler [online]. 2014 [cit. 21.5.2014] Dostupné z WWW:  
<<http://www.kistler.com/>>

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 60
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

[16] Magnet-schultz [online]. 2014 [cit. 21.5.2014] Dostupné z WWW:  
<<http://www.magnet-schultz.com/en/>>

[17] VAVŘÍK, Ivan. Základy stavby výrobních strojů, 2011, Sylabus přednášek pro prezenční studium, VUT Brno

[18] SKF [online]. 2014 [cit. 21.5.2014] Dostupné z WWW:  
<<http://www.skf.com/cz/index.html?switch=y>>



## 8. Seznam zkratk a symbolů

IO	Dobrý kus	
NIO	Zmetek	
$t_{1z}$	Čas zajetí pístnice válce CD85F16-200-B	s
$t_{1v}$	Čas vyjetí pístnice válce CD85F16-200-B	s
$t_{2z}$	Čas zajetí pístnice válce CD85F25-125	s
$t_{2v}$	Čas vyjetí pístnice válce CD85F25-125	s
$t_{3z}$	Čas zajetí pístnice válce CDQ2A80-150DC	s
$t_{3v}$	Čas vyjetí pístnice válce CDQ2A80-150DC	s
$t_m$	Pracovní čas malých válců	s
$t_o$	Pracovní čas operátora	s
$t$	Celkový pracovní čas	s
SH <sub>63000</sub>	Spotřeba vzduchu v hadicích průměru 6mm délky 3000mm	l/zdvih
SH <sub>6400</sub>	Spotřeba vzduchu v hadici průměru 6mm délky 400mm	l/zdvih
SH <sub>83000</sub>	Spotřeba vzduchu v hadicích průměru 8mm délky 3000mm	l/zdvih
SV <sub>165</sub>	Spotřeba vzduchu ve válci CDQ2G16-5DZ	l/cyklus
SV <sub>16200</sub>	Spotřeba vzduchu ve válci CD85F16-200-B	l/cyklus
SV <sub>1650</sub>	Spotřeba vzduchu ve válci CD85N16-50C-B	l/cyklus
SV <sub>2020</sub>	Spotřeba vzduchu ve válci CDQ2A20-20DCMZ	l/cyklus
SV <sub>25125</sub>	Spotřeba vzduchu ve válci CD85F25-125-B	l/cyklus
SV <sub>5025</sub>	Spotřeba vzduchu ve válci CDQ2A50-25D	l/cyklus
SV <sub>80150</sub>	Spotřeba vzduchu ve válci CDQ2A80-150DC	l/cyklus
S	Bezpečná vzdálenost	mm
K	Rychlost přiblížení těla	mm
C	Vzdálenost vniknutí do závory před aktivací	mm
d	Rozlišení závory	mm
T	Doběh systému	s
$t_1$	Reakční doba závory	ms
$t_2$	Reakční doba systému	ms
$t_{ostrov}$	Reakční doba pneumatického ostrova	ms
$t_{mech}$	Reakční doba mechanismů	ms
$F_l$	Síla na lisovací konzoli	N
$F_k$	Síla od hmotnosti lisovací konzole	N
F	Zatěžovací síla	N

## 9. Seznam obrázků

Obr. 1 Adaptační deska .....	9
Obr. 2 Komplet kliky.....	10
Obr. 3 Zkompletovaná klika .....	10
Obr. 4 Indukční snímače SICK.....	12
Obr. 5 Kontaktní snímače MISUMI .....	13
Obr. 6 Kapacitní snímače SICK.....	14
Obr. 7 Lineární pohon FESTO .....	15
Obr. 8 servopohon TG drives.....	15
Obr. 9 Hydraulický válec HANCHEN .....	16
Obr. 10 Rotační hydraulický aktuátor.....	16
Obr. 11 Lineární pohon FESTO .....	16
Obr. 12 Rotační pohon FESTO.....	17
Obr. 13 Závitová vložka .....	20
Obr. 14 Samořezná závitová vložka .....	20
Obr. 15 Expanzní závitová vložka.....	20
Obr. 16 Zalisované závitové pouzdro.....	21
Obr. 17 Kuželová vložka s přírubou .....	22
Obr. 18 Lineární solenoidový motor .....	23
Obr. 19 Elektrolis firmy Kistler.....	23
Obr. 20 Pneumatický válec firmy FESTO.....	24
Obr. 21 Základní typy lineárních třecích vedení.....	25
Obr. 22 Lineární vedení HIWIN.....	25
Obr. 23 Kuličkové ložisko SKF.....	26
Obr. 24 Model stroje .....	33
Obr. 25 Snímač WS/WE100L-F2131 .....	35
Obr. 26 Zakládací lůžko pro kliku.....	36
Obr. 27 Zakládací lůžko s vloženým kusem.....	36
Obr. 28 Kompletovací konzola.....	37
Obr. 29 Zobrazení lineárního vedení kompletační konzole .....	37
Obr. 30 Graf závislosti polohy válce a rychlosti na čase při zasouvání.....	39
Obr. 31 Graf závislosti polohy válce a rychlosti na čase při vysouvání.....	39
Obr. 32 Přítlačné rameno.....	40
Obr. 33 Lisovací konzole.....	41
Obr. 34 Rozmístění vozíčků lisovací konzole.....	41
Obr. 35 Zatížení lisovací konzole.....	42
Obr. 36 Vybavení lisovací konzole .....	43
Obr. 37 Graf závislosti polohy válce a rychlosti na čase při vysouvání .....	45
Obr. 38 Graf závislosti polohy válce a rychlosti na čase při zasouvání.....	45
Obr. 39 Manipulátor .....	46
Obr. 40 Pohybový válec manipulátoru .....	47
Obr. 41 Graf závislosti polohy válce a rychlosti na čase při vysouvání .....	48
Obr. 42 Graf závislosti polohy válce a rychlosti na čase při zasouvání.....	48
Obr. 43 Rozmístění vozíčků manipulátoru .....	49
Obr. 44 zobrazení zatížení manipulátoru .....	49
Obr. 45 Zásobník na IO kusy .....	51
Obr. 46 Zmetkovník .....	52

## 10. Seznam příloh

Příloha 1 - Výpočty

Příloha 2 - Výstup programu FESTO

Příloha 3 - Fotogalerie

Příloha 4 - CD obsahující

- Elektronická verze diplomové práce (.pdf)
- Výstup programu FESTO (.pdf)
- Složka s modelem stroje (.stp)
- Složka s fotografiemi stroje (.jpg)
- Výkresy sestav stroje (.pdf)
- Pneuschéma stroje (.pdf)
- Analýzy rizik stroje (.pdf)
- Plakát stroje (.pdf)

Příloha 5 - Pneuschéma stroje

Příloha 6 - Analýza rizik

Příloha 7 - Výkresy sestav stroje